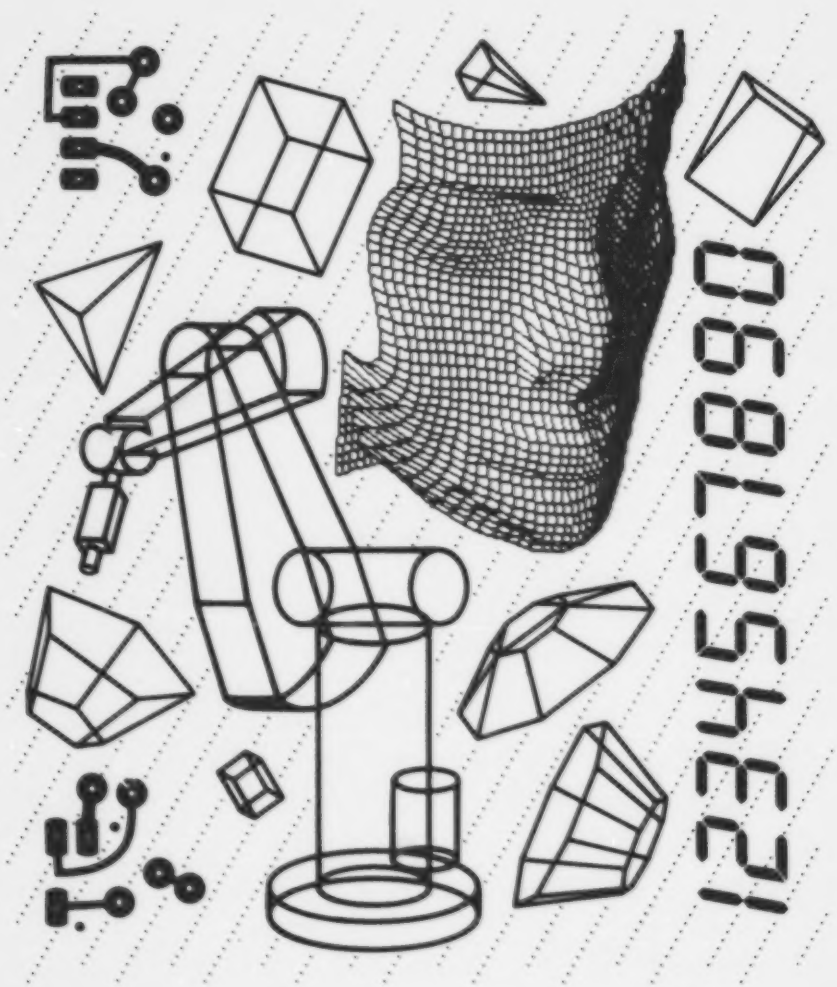
National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

Division of Electrical Engineering
Division de génie électrique

ISSN 0706-568X

Bulletin of the Division of Electrical Engineering

1986–1987



Canada

NRCC No. 27685

88-04457/

Bulletin of the Division of Electrical Engineering
1986–1987

BULLETIN
of the
Division of Electrical Engineering

NRCC Ottawa May 1987 Volume 3 Number 1

Copyright 1987 by National Research Council of Canada

Permission is granted to quote short excerpts and to reproduce figures and tables from this bulletin, provided that the source of such material is fully acknowledged.

Additional copies are available free of charge from:

Editorial Office, Room 301
Division of Electrical Engineering
National Research Council of Canada
Ottawa, Ontario, Canada
K1A 0R8

CONTENTS

Page

INTRODUCTION ... 1

INDUSTRIAL LIAISON OFFICE ... 3

LABORATORY FOR BIOMEDICAL ENGINEERING

Introduction ... 5
Habilitation/Rehabilitation Engineering ... 5
Objectives ... 5

REHABILITATION TECHNOLOGY UNIT ... 7

Introduction ... 7
Production Engineering of Aids for the Handicapped ... J. Batelaan - W.G. Bennett - I.P. Clark - H. Ayvazyan - M. Tam - R. Tremblay - S.A. Kerr 7
Keypad ... 7
Keypad Trainer ... 7
Encoscan ... 7
Macintosh Mouse Emulator ... 8
Comboard ... 8

RECENT PAPERS — REHABILITATION TECHNOLOGY UNIT 9

MEDICAL ENGINEERING SECTION ... 11

Habilitation/Rehabilitation Engineering ... 11
Technology for the Developmentally Delayed ... N.D. Durie - K. Hranchuk - J. Ehrenworth - J.R. Charbonneau - R.L. Farley 11
The MOD Keyboard System ... P.J. Nelson - L. Korba - C. Lafleur - G.C. Park - W. Saver 14
Safety in Buildings ... J. Pauls 16
The Effects of Non-ionizing Radiation ... 16
Objectives ... 16
Magnetic Resonance Studies of Cardiac Contractility ... G.V. Forester - E.J. Villeneuve - J. Scott 18
Altered Myocardial Contractility with Simulated Diagnostic Ultrasound ... A.J. Mortimer - B.J. Trollope - E.J. Villeneuve - J. Scott 19
The Effects of Ultrasound on Oxygen Transport ... A.J. Mortimer - B.J. Trollope 19
Ultrasound Directed Laser Angioplasty ... 20
Biological Information Enhancement ... 21
Objective ... 21
Noninvasive Structural Analysis of Calcified Tissues ... R.C. Black - A. Foux - C. Merritt - O.J. Svec - H.K. Uhthoff - L. McSheffrey - R. Skrypnyk - M.A. Lovas - G.W.D. Armstrong - J.P. Murnaghan 21
Discovery Paradigms for Taxonomic Classification of Disease ... D. Crabtree - J.W. Brahan - H.T.J. Mount - M. Niktash - I.S. Pressman 25

RECENT PAPERS — MEDICAL ENGINEERING SECTION 26

LABORATORY FOR ELECTROMAGNETIC AND POWER ENGINEERING

ELECTROMAGNETIC ENGINEERING SECTION ... 29
Introduction ... 29
Industrial Microwave Applications ... 29
Electromagnetic Hyperthermia at 915 MHz ... W. Wyslouzil – S. Kashyap 29
Dielectric Measurements at Radio and Microwave Frequencies ... J. Ayer 31
Magnetron Power Supply ... J. Ayer 32
Precipitation Radar and Propagation Studies ... A. Hendry – Y.M.M. Antar – L.E. Allan 32
Numerical Analysis ... J.B. Campbell 34
Electromagnetic Compatibility ... S. Kashyap – S.R. Mishra 34
Antenna Design and Development ... S.R. Mishra – R. Balaberda – J. Hazell 35
Pulse Distortion in Optical Fibers ... L.Y. Shih 36
RECENT PAPERS — ELECTROMAGNETIC ENGINEERING SECTION ... 37

POWER ENGINEERING SECTION ... 39
Introduction ... 39
Power and Energy Measurements ... W.J.M. Moore – E. So – R. Arseneau – P.S. Filipski – P.N. Miljanic – L.S. Czarnecki – B. Cassidy – J. Zelle – L. Sabourin – D. Rocheleau – D. Angelo – D. Bennett 39
Electronically Aided Current Transformer ... 40
25-Bit Multiplying Digital-to-analog Converter ... 41
Load Loss Standard ... 41
Calibrations ... 41
Dielectrics ... A. Bulinski – S. Bamji – J. Densley – P. Robert – T. Grünwald 41
Wet Conditions ... 41
Dry Conditions ... 42
Research on Impulse Measuring Systems ... T.R. McComb 43
International Research on Impulse Measuring Systems ... 43
Use of Digital Equipment in High Voltage Laboratories ... 43
Standards ... 43
Aid to Industry ... 43
Lightning Research ... 43
Ultra-fast Impulses ... A.S. Podgorski – J. Dunn 43
Lightning Electromagnetic Pulse ... 44
Electromagnetic Pulse Protection ... 45
Electromagnetic Pulse Measurements ... 45
RECENT PAPERS — POWER ENGINEERING SECTION ... 45

LABORATORY FOR INTELLIGENT SYSTEMS

COMPUTING TECHNOLOGY SECTION ... 47
Introduction ... 47
Multiprocessor Architectures for Realtime Control ... 47
The Harmony Operating System ... W.M. Gentleman – S.A. MacKay – R. Parr – D. Stewart – M. Wein 47
VMEbus Survey ... D.A. Green 50

Interim Upgrade to 68020 Processor ... D.A. Green – D. Stewart 51
Computer Graphics ... 51
Workstation for Robotics Task Planning ... D.A. Green – S.A. MacKay – M. Wein 51
Editing Three-dimensional Data from a Laser Range Finder ... K.B. Evans – L. Ruhlmann 52
Sensor-based Robotics ... 52
Robot Control ... D.H. O'Hara – S. Elgazzar – D.A. Green 52
Wrist-mounted Profile Scanner ... G.H. Bechthold – D.G. Taylor – M.D. Duggan – G. Roth – C. Merritt 53
Task Planning and Programming ... K.B. Evans – T.H. Shepertycki 55
Computer Vision ... 57
Mathematical Techniques in Image Analysis ... N.N. Abdelmalek 57
Two-dimensional Vision ... T. Kasvand – N.N. Abdelmalek – H. Yamada 57
Range Image Processing and Three-dimensional Object Recognition ... T. Kasvand – S.H.Y. Hung – N.N. Abdelmalek – H. Yamada – M. Hospital – S. Umeyama 58
Recognition of Isolated Three-dimensional Objects Using Moment Invariants ... S.H.Y. Hung 60
RECENT PAPERS — COMPUTING TECHNOLOGY SECTION ... 60

INFORMATION TECHNOLOGY SECTION ... 63
Introduction ... 63
Knowledge-based Systems ... W.H. Henneker – J.W. Brahan – B. Farley – P.L. Davidson – R.A. Orchard – A. Parent – C.S. Phan – F.B. Vernadat 63
Knowledge Processing for Integrated Systems ... P.L. Davidson 64
Intelligent Advisor ... J.W. Brahan – B. Farley – A. Parent – R.A. Orchard – C.S. Phan 64
NATAL ... 65
NATAL Implementation ... J.W. Brahan – B. Farley – W.H. Henneker – R.A. Orchard – C.S. Phan 65
NATAL Standard ... R.A. Orchard 65
Cooperation with the Department of National Defence ... R.A. Orchard – C.S. Phan – R. Shevel – R.V. Born 65
Engineering Information Systems ... F.B. Vernadat – A. Famili – W.H. Henneker – K.P. Lam – R.H. Wylie 66
Introduction ... 66
Current Achievements ... 66
Conclusion ... 67
A Microcomputer Database for Flexible Manufacturing ... F.B. Vernadat – R.H. Wylie 69
Development of an Advanced Integrity Manager for DBS/R ... A. Famili 69
RECENT PAPERS — INFORMATION TECHNOLOGY SECTION ... 70

PHOTONICS AND SENSORS SECTION ... 73
Introduction ... 73
Three-dimensional Vision ... 73
Three-dimensional Vision Sensors ... M. Rioux – L. Cournoyer – F. Blais – J.-A. Beraldin – R. Misner – A.G. Dufour – P. Gariépy 73
Development of Database Software for a Work Station for Three-dimensional CAD/CAM ... P. Chartier – P. Gariépy 77
Texture Synthesis Technique Applied to the Reconstruction of the Surface Roughness of an Object ... P. Boulanger – A. Gagalowicz – M. Rioux – L. Cournoyer 78
Integration of Multiple Images ... P. Boulanger – M. Rioux – S. Martel – L. Cournoyer 78
Segmentation of Three-dimensional Images Using Fourier Transformation as an Image Classifier ... P. Boulanger – M. Rioux 80
Interfacing of a Three-dimensional Vision Sensor with a CAD/CAM System ... P. Boulanger – L. Ruhlmann – K.B. Evans – G. Hill 80

Photonic Components for Sensing and Data Processing ..... J. Chrostowski – A.G. Dufour – R. Misner 83
High Speed Optical Modulator 83
Guided-wave Attenuator Polarizer ..... J. Chrostowski – R. Gauthier – M. Fontaine 83
Optical Logic Gates on GaAs ..... J. Chrostowski – S. Chelkowski – R. Gauthier – M. Cada 84
Fiber Optic Sensors ..... J. Legendre – R. Misner – P. Gariépy 85
RECENT PAPERS — PHOTONICS AND SENSORS SECTION 85

ROBOTICS AND AUTOMATION 89
Introduction 89
Projects 89
Novel Coordinate Measuring Machine 89
Advanced Automated Processing for "DiffractoSight" Images 89
Knowledge-based PABX Remote Diagnostic and Maintenance System 89
Manufacturing Application Languages 89
Expert Model Order System 90
Automated Nondestructive Testing and Inspection 90
Advanced Projects in the Field of Robotic Welding 90
Knowledge Systems Centre 90
Equipment 90

RECENT PAPERS — MISCELLANEOUS PUBLICATIONS 91
APPENDIX A — ORGANIZATION CHART 93
APPENDIX B — STAFF LIST 94

DIVISION OF ELECTRICAL ENGINEERING

INTRODUCTION

The process of change within the Division of Electrical Engineering, which was reported in the Introduction to the 1985–1986 *Bulletin*, has continued. In response to a variety of influences, including the perspective of the NRC Five-Year Plan, continued diminution of resources, and a growing appreciation of the value of technical focus within the Division, the level of inter-sectional and inter-laboratory collaboration has risen markedly. A major effort is also being put forward to develop an NRC-wide program in Applied Artificial Intelligence, with DEE a key element in that program.

Certain well-respected activities of the Division are, regrettably, being closed down at the end of this fiscal year. The selection process has been painful, but it was judged imperative to reduce the range of activities in order to maintain the support of those remaining at a viable level. The Electromagnetic Engineering Section will no longer exist after this year. One of its activities, Electromagnetic Compatibility, has been combined with the ultra-fast impulse work in Power Engineering to form a strong EMC/EMI program. The other activities are being privatized.

The Industrial Liaison Office has been further strengthened during the year, in recognition of the increasing importance to the Division of liaison with the outside world and, in particular, technology transfer. The activities of the Office are reported for the first time in this *Bulletin*.

The Canadian Institute of Industrial Technology (CIIT) in Winnipeg is making steady progress. Private industry finds considerable merit in the concept of an NRC laboratory where industry defines all projects and NRC staff work with them on implementation. At year end 11 companies are committed to participate in CIIT and serious discussions are in progress with 4 others.

This is not the first time in the history of DEE that significant change, on a relatively short time scale, has been required. The Division is demonstrating, again, that it can adjust to new circumstances without compromising its commitment to excellence.

S.A. Mayman
Director
Division of Electrical Engineering
March 1987

INDUSTRIAL LIAISON OFFICE

One of the primary objectives of the Division of Electrical Engineering (DEE) is the performance of R&D in support of Canadian industry. In order to facilitate interactions with its industrial clients, the Division established, in 1985, an Industrial Liaison Office. The mandate of this Office is to provide a link between DEE laboratories and the private sector by promoting awareness of Divisional capabilities, by helping to identify industry requirements, and by acting as a catalyst in transferring Divisional technology to the private sector. In performing these roles, the Industrial Liaison Office works closely with the NRC Industry Development Office, in particular with the IRAP Field Network and the IRAP Laboratory Network. It also maintains a close relationship with NRC's Technology Coordination Office and with the Industrial Liaison Offices in other NRC Divisions.

Promotion of DEE capabilities and research programs by the Industrial Liaison Office has been largely through presentations to outside groups and through arranging visits to Division laboratories. Related to this function, assistance is provided in the preparation of promotional materials such as brochures and slides. With limited resources, the Office has been unable to do much promotion through direct one-on-one contact. To reach potential industrial clients across the country, we have relied on the cooperation of the IRAP Field Network with over 150 representatives located across Canada in regional technology centers and provincial research organizations. To keep the Field Network aware of current DEE activities, presentations have been given in the past year at a meeting of Provincial Coordinators for the Field Network and to IRAP officers in the Ontario region.

As part of its role in identifying industry needs, the Industrial Liaison Office is the focal point in the Division for technical enquiries and R&D proposals from industry. Approximately 60 technical enquiries were handled by the Office in the past year. The technical depth of the responses to these enquiries depends on the degree to which they match the expertise and experience of DEE staff. The Division also reviews industrial R&D proposals on behalf of federal funding agencies including NRC/IRAP. Division of Electrical Engineering laboratory staff evaluate the proposals with respect to criteria such as the degree of technical risk and innovation and the suitability of the proposed technical approach. In some cases, reviewers are able to provide constructive criticism and suggestions regarding more promising technical approaches or other improvements. The Industrial Liaison Office handled about 120 R&D proposals in the past year.

Industry/laboratory collaboration and technology transfer from DEE laboratories to industry take place through a variety of formal and informal mechanisms. It is often desirable to formalize these joint ventures through signed agreements in order to ensure a common understanding on issues such as the ownership of intellectual property and the role and responsibility of each participant. The Industrial Liaison Office plays a role in promoting such cooperative activities and in preparing suitable agreement documents. Particular examples are incubator agreements which provide small companies with access to NRC laboratory facilities and the opportunity to work alongside DEE researchers.

At the beginning of the 1986–87 fiscal year, the Senior Advisor on CAD/CAM, Robotics, and Industrial Automation transferred to DEE from the Institute for Manufacturing Technology (Ottawa). His efforts continue to be directed towards promoting the introduction of advanced technology into Canadian industry. This is done primarily by disseminating information and by providing support to industry-oriented organizations with a similar purpose. A recent tabulation of specific contacts indicates a total of almost 400 per year on an annualized basis. Of these, approximately 65% are requests, received from a wide variety of sources outside NRC, for advice and information. Some representative activities during the past year are outlined below.

A proposal to establish an NRC Associate Committee on Artificial Intelligence has been prepared and has received formal approval from the Council of NRC. Details of membership are being finalized with a view to holding the first meeting in April 1987. Arrangements and negotiations started earlier are also continuing for the establishment of a permanent facility in the private sector to coordinate activities between the CAD/CAM and robotics development information centers across Canada, to monitor international developments, to provide advice and information to Canadian companies, and to facilitate the undertaking of cooperatively funded development projects.

Substantial assistance was provided to the Canadian CAD/CAM Council and its secretariat in the Department of Regional Industrial Expansion in, for example, the preparation and publication of the CAD/CAM Council's 1986 report *Management in Crisis: Implementing Computer Integrated Manufacturing in Canada*, the organization of a two-day workshop for representatives from CAD/CAM centers across Canada, and the definition of a series of projects recommended for implementation by government departments.

The preparation and writing of the *CAD/CAM Newsletter* continued on a monthly basis in cooperation with the Department of Regional Industrial Expansion. This newsletter, received by close to 3000 persons across Canada, provides a world watch service on events and developments in CAD/CAM and Computer Integrated Manufacturing and is a major technology transfer activity originating within NRC.

Assistance was provided to TV Ontario in the organization of material and selection of sites for the filming of a series of four half-hour programs on CAD/CAM and Robotics. The program material prepared by TVO includes interviews and filming of project activities in the Divisions of Mechanical Engineering and Electrical Engineering. Assistance was also provided in the preparation of background material to be available from TVO.

The Division of Electrical Engineering is providing Canadian representation and coordination for the Joint Coordinating Forum (JCF) on International Cooperation in Advanced Robotics. The activities of this forum result from decisions reached at the Versailles Economic Summit of 1982, where an international collaborative project "Advanced Robotics" was initiated. The application areas under consideration are space, underwater, nuclear plants, mining and tunnelling, agriculture, medical and health care, civil engineering and construction, plant operations, fire fighting and emergency rescue operations and services including domestic. To date cooperative efforts have included information exchange, workshops, study missions, and the preparation of joint site studies. Canada is scheduled to host a meeting of the JCF countries in 1988. In conjunction with this, plans are being initiated to hold an international workshop on advanced robotic applications in medical and health care.

A.M. Hlady
Industrial Liaison Officer

J. Scrimgeour
Senior Advisor on CAD/CAM, Robotics, and Industrial Automation

LABORATORY FOR BIOMEDICAL ENGINEERING

Laboratory Head — O.Z. Roy

■ Introduction

The research program of the Laboratory for Biomedical Engineering covers three main areas — habilitation/rehabilitation, the effects of non-ionizing radiation, and biological information enhancement. The objectives of each of these areas are described in the accompanying text.

Achievements during the past year include

1. development of a probe which when used in magnetic resonance spectroscopy increases the rate of data collection by a factor of four (patent applied for); the probe is being commercialized.
2. development of a unique experimental technique (combining magnetic resonance spectroscopy and ultrasound) for basic studies of the metabolic consequences of ultrasound radiation.
3. discovery that ultrasound preserves brain function during hypoxia.
4. development of a new orthopedic stabilization plate which is presently being evaluated both in Canada and the United States.
5. exponential increase of its sales by the model system which was established in 1978 for commercializing technical aids for the handicapped person — from $30 000/a in 1978/79 to $600 000/a in 1984/85 to $1 000 000 in 1986/87. Thirty percent of sales are exported.
6. introduction of new products at a rate of four or five per year, including a wheelchair control which is used on Everest and Jennings and Fortress wheelchairs.
7. provision of the secretariat and administrative support for the Associate Committee on R&D for Rehabilitation of Disabled Persons, which is presently involved in formulating plans for a new Rehabilitation Research Institute.

The Laboratory is continuing its scientific collaboration with groups both within and external to NRC. Such collaboration is proving extremely beneficial when addressing problems requiring a multidisciplinary approach.

■ Habilitation/Rehabilitation Engineering

Objectives

1. To apply and develop technology and engineering expertise which will address the problems associated with disability.
2. To develop cost-effective technical aids and devices which will enhance the possibilities for employment and independent living.

The Laboratory for Biomedical Engineering has established a system for developing, producing, and marketing practical and cost-effective technical aids. The system includes government (NRC), 20 private manufacturers, and the volunteer sector under whose auspices a marketing agency — Technical Aids and Systems for the Handicapped Inc. (TASH) — has been established. This method of developing and introducing new technologies is proving to be successful and has resulted in safe, practical, and useful devices being made available to the disabled consumer (see Fig. 1).

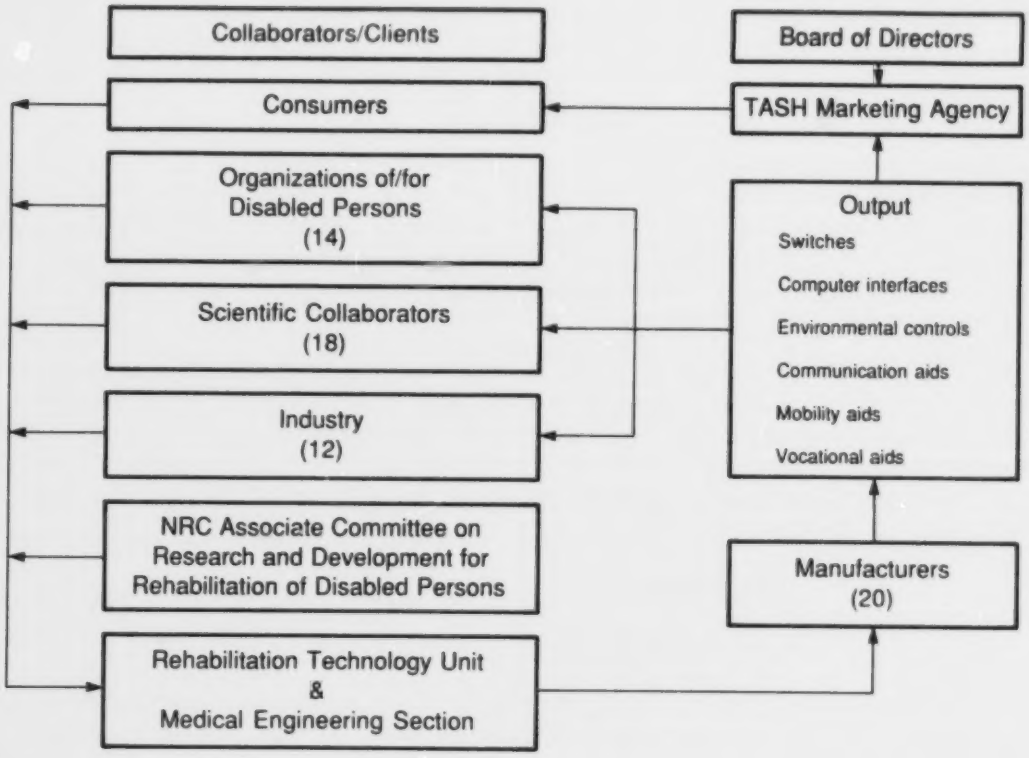


Figure 1 Habilitation/rehabilitation engineering.

The Medical Engineering Section, the Rehabilitation Technology Unit, and TASH will continue to develop microcomputer-based devices. Future areas of development will include memory aids, environmental controllers, communication systems, computer interfaces, intelligent orthotics, and robotics. More emphasis will be placed on optimizing the interfaces, i.e., the point of access, by maximizing functionality and minimizing frustration. Attention will also be directed at technology which will benefit the elderly and those individuals who are severely developmentally delayed.

REHABILITATION TECHNOLOGY UNIT

Section Head — J. Batelaan

■ Introduction

Technical aids for persons with multiple disabilities or severe disabilities are only required in relatively small numbers compared to, for example, wheelchairs or hearing aids. For that reason commercial companies are reluctant to produce and market these aids, even if the benefits are well documented and a prototype is offered without cost or obligation. The main objective of the Rehabilitation Technology Unit, which is located in Scarborough, Ontario, is to facilitate and organize the manufacturing of these rehabilitation aids by industry. This objective is attained through product design, production engineering, and technology transfer. It also involves development of improved versions of aids and new aid accessories. Examples of this work in product design and development are described below.

■ Production Engineering of Aids for the Handicapped

■ J. Batelaan – W.G. Bennett – I.P. Clark – H. Ayvazyan – M. Tam – R. Tremblay – S.A. Kerr

Keypad

The Keypad has 15 large keys, each 2½ inches square, in a 3 by 5 grid. The Keypad is intended for persons who cannot use their fingers but may use the side of their hand or their feet to operate keys. The keys have a good tactile and audible click feedback and require about 100 g of force to operate. Labels with pictures or words to identify the keys may be used in different applications: for training purposes, with communication aids, with a computer, or with environmental control devices.

Keypad Trainer

This training aid is designed for use with the Keypad, the Wafer switch, or other multiple Ability Switches to train persons with physical and/or mental disabilities in selecting keys or operating switches. The Keypad Trainer offers a choice of five different responses; three of these are provisions to operate battery-powered toys or switch on lights and the other two are distinct audio responses from the trainer, a buzz or a beep. When it is used with Keypad, an individual key or a group of keys can be identified with pictures or text and made to respond in different ways. Battery-operated toys and/or an Ultra-2T transmitter can be connected to the jacks on the Trainer to generate the different responses.

Encoscan

Encoscan is a control system for use by a disabled person to control a number of appliances in her/his immediate environment (Fig. 1). These may include a nurse call bell or alarm system, a speakerphone or hands-free telephone with Unidialer, up to four power appliances with power plugs, a television set with a cable converter to control TV on/off, channel up/down, and volume up/down, and up to five Unicontrols to provide control over such things as an intercom or an electric bed.

Encoscan may be operated by the disabled person in one of two ways: by using a single or dual Ability Switch connected to the Encoscan or by using a remote Ultra-4 transmitter which may be part of a wheelchair control system. The Encoscan system consists of two parts, a display panel and the base unit. Usually, the display panel is mounted in front on the base unit. Alternatively, the display panel can be

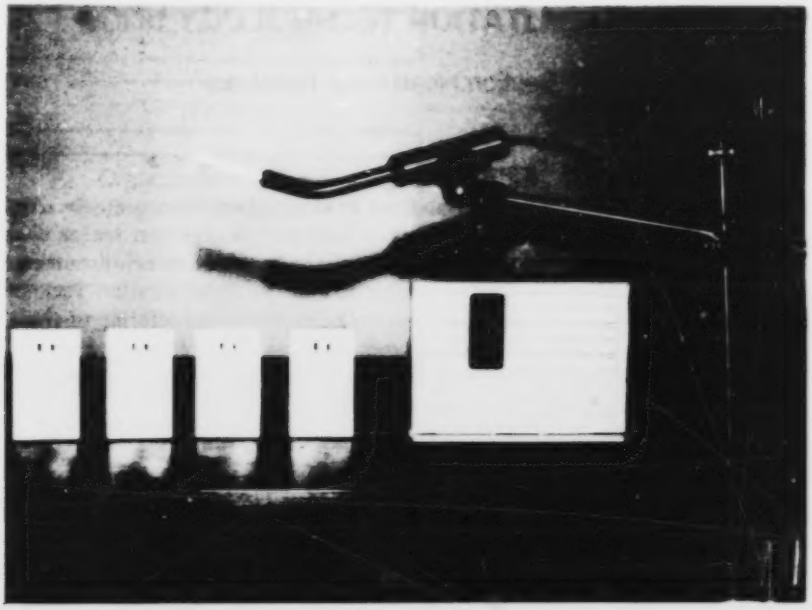


Figure 1 Encoscan with Ultra-4 power modules and puff and sip switch.

hung separately against the wall and connected with a single cable to the base unit. In that case the base unit with many connecting cables can be placed out of sight. With a mode switch the Encoscan can be set up as a simple five-position scanner to control up to five items or it can be set up to control many additional items and functions.

Macintosh Mouse Emulator

The emulator (a mouse on a stick) is a five-switch interface for the Macintosh computer which simulates the mouse controller. This will enable a handicapped person to operate mouse-driven software on the Macintosh with Ability joysticks and multiple Ability switches. Four of the five switches are directional switches, up, down, left, and right. The fifth switch, identified as "Select," duplicates the function of the Mouse switch.

The four directional switches, when activated separately, cause the interface to emulate a mouse moving in the corresponding direction with a speed set by a potentiometer in the interface. Simultaneous actuation of adjacent switches emulates the mouse moving in a diagonal direction. To accommodate sustained mouse switch closure when the mouse is moving, a latching feature is incorporated.

Comboard

A new lower-cost version of the clockface communicator aid was developed. The Comboard consists of a motor driven large pointer on a face board which can be marked with messages or pictures. It is intended for use by persons who are nonverbal and also physically handicapped. By operating an Ability Switch connected to the Comboard the user can communicate by directing the pointer to a message or picture.

The Comboard is battery operated and portable. Faceboards are easily exchanged by removing the pointer, which is held in place by Velcro. A potentiometer control provides adjustment in pointer speed.

RECENT PAPERS — REHABILITATION TECHNOLOGY UNIT

Published

☐ TAYLOR, S.A. ALS: how technical aids can help. Rehabil. Dig. 17(3): 18–19; 1986. NRC 26715.

MEDICAL ENGINEERING SECTION

Section Head — O.Z. Roy

■ Habilitation/Rehabilitation Engineering

Technology for the Developmentally Delayed

■ N.D. Durie – K. Hranchuk – J. Ehrenworth[1] – J.R. Charbonneau[2] – R.L. Farley

"Voice Mate" Yes/No Response Unit

The Voice Mate, developed by the National Research Council of Canada several years ago, is a portable device providing digitized speech responses for Yes and No, for use by nonverbal physically handicapped persons. In September 1985, we began a study in collaboration with Bayshore Catholic Annex School, Ottawa, Ontario, to determine if the Voice Mate could be used by developmentally delayed children. Before beginning the study none of the three candidates had any intelligible communication system. During the study, switch training was established as well as the "yes" response to indicate when a child wanted to interact with a stimulus and a "no" response to indicate when he/she did not want to interact with the stimulus. When the "no" response was evoked the stimulus was removed, and when the "yes" response was evoked the child was allowed to interact with the stimulus. The stimuli presented were three favorite real objects for each child and three items which the child did not like.

The study required only 63 sessions to teach the children to use these responses spontaneously and reliably — an incredibly short learning time for these children. During the project the Voice Mate with two movable switches was used.

After the children reached criterion in the study, we began generalizing their responses throughout their environment by encouraging them to use the Yes/No box to indicate their wants and needs during play, feeding, and toileting times. For generalization, we found the Voice Mate with the built-in switches to be most appropriate because of its portability and durability. Presently all three children are using the device throughout their day (Fig. 1). It has made a tremendous impact on their lives, not only in allowing them to communicate what they want and need but also in reducing the previous temper tantrums and frustrations which had resulted from their inability to communicate.

Standing Version of Five-wheeled Unicycle

In a previous issue of the *Bulletin of the Division of Electrical Engineering* (Vol. 2, No. 3, p. 2) there was a brief description of a standing-support vehicle for the paraplegic disabled child. This vehicle has since been exhaustively tested (primarily at École Victor Doré, Montreal, Quebec) and has proven very successful in providing mobility while conferring the benefits of a vertical position (improved bone growth, kidney function, psychological outlook).

A new version has been designed (Fig. 2) for larger users (teenager or small adult). The support mechanism has been refined to look better, be easier to adjust, and be easier to manufacture. The base is larger, commensurate with the greater height of intended users, and the drive is more powerful, to accommodate more weight. This new standing unicycle is under field evaluation at Ongwanada Hospital, Kingston, Ontario.

[1]Children's Hospital of Eastern Ontario, Ottawa, Ontario.
[2]Retired, September 1986.

Figure 1 Voice Mate in use at Bayshore Catholic Annex School. Reprinted with permission from *The Ottawa Citizen*, December 6, 1986, page A9.

Optimization of Scanning Displays

Many multiply handicapped children are severely communicatively impaired. The best device that has been available to augment their limited communication skills has been a simple clock-face-type pointer board. With objects or pictures mounted on the board, the child would indicate a preference by operating the motor-driven pointer with a single switch control. Such a simple device has disadvantages. It is large and cumbersome and not easily mounted on a wheelchair. A more important failing is that the range of vocabulary is very restricted unless the teacher or parent manually changes the overlay of pictures.

Electronic scanning displays, consisting of fixed matrices of 16, 64, 128, or more cells, have been used for some time for communication augmentation with physically disabled people. The purpose of this new study is to determine if developmentally delayed persons can also be taught the scanning technique and, if so, what physical parameters of the design of the scanning display can be modified to minimize the training time required. Some of the parameters being tested are number of lights per cell, presence or absence of a tone accompanying the scanning, number of cells an individual can use, and arrangement of cells (i.e., instead of a fixed matrix, movable cells can be arranged in any desired pattern, such as a single row, square, circle).

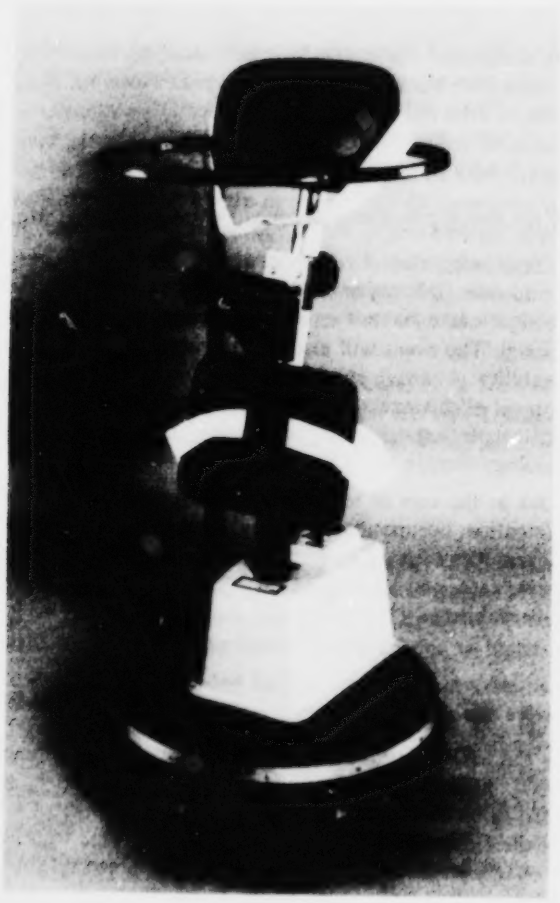


Figure 2 Standing version of five-wheeled unicycle.

Two research projects are underway at Bayshore Catholic School, Ottawa, Ontario, to assess two experimental scanning displays with developmentally delayed children. The first, using a single-subject research design, will assess a training method to teach scanning in a sequential manner using a 3-by-5 fixed matrix of picture stimuli (each cell indicated by four lights). The other project uses a multiple-baseline-across-subjects experimental design with three subjects. Using movable cells (each with one, four, or eight lights), the experiment will assess the optimum position and lighting of the cells. Both projects are basically concerned with teaching the skill of scanning in the experimental subject, as well as measuring the effectiveness of the experimental scanning display. Successful demonstration of the training methods will allow the subjects to progress to utilize the scanning technique with new digitized-speech communication aids such as the "Talk-O."

On-going Field Studies

The following assistive devices for the developmentally delayed, described previously, are continuing to be field tested at the sites indicated: bumper car at Ongwanada Hospital, Kingston, Ontario; telephone dialer at Clifford Bowie School, Ottawa, Ontario; grip trainer at Rehabilitation Institute of Chicago, Chicago, Illinois; Tinkle-Tinkle toilet trainer, at Crystal Bay School, Ottawa, Ontario; and AltKey with synthetic speech at Crystal Bay School, Ottawa, Ontario.

Conference on Technology for Developmentally Delayed Persons

As a contribution to the coordination of research, development, and clinical application in this relatively new field, a small conference is being organized for October 1987. A planning committee has been established, made up of some of our own staff as well as specialists from a variety of disciplines outside of the National Research Council. The event will examine the application of assistive devices of all kinds to the problems of mental disability. A strong emphasis will be on the application of rigorous research techniques to determine the clinical effectiveness of assistive devices with this population. The future will be considered, so that research people, educators, clinicians, etc., can receive guidance about what to expect and what gaps in the technology remain to be filled.

The conference will look at the uses of technology from the perspectives of several disciplines: psychology, augmentative communication, occupational therapy, biomedical engineering, vocational training, special education, etc. The format includes selected speakers representing each discipline, round table discussions in which all delegates can participate, and a panel which is intended to clarify some of the important research issues. A proceedings will be published.

The MOD Keyboard System

■ P.J. Nelson – L. Korba – C. Lafleur – G.C. Park – W. Saver

Development work on the MOD Keyboard System has been described in previous issues of the *Bulletin* (Vol. 2, Nos. 2–6). The MOD System is intended for physically handicapped people who cannot use a standard computer keyboard in an effective manner. The concept consists of a plug-in memory cartridge for a low-cost microcomputer, the Commodore VIC-20. With the cartridge installed, the screen of the VIC-20 displays a "keyboard," in effect, which emulates the keyboard of a second (or "host") computer. The MOD System provides the disabled user with menus of words, phrases, and computer commands in addition to single characters, thus enabling quick and easy access to all standard software available for the host computer.

During the past year, the new auto-vocabulary version of the MOD Keyboard (the "Auto-MOD") has been given further field testing. Feedback has been positive and has shown that the auto-vocabulary can be used by persons with differing degrees of physical and developmental disabilities. Final enhancements, many suggested by the field tests, include revised menus and additional commands to make editing of screenpages easier; plurals and other endings easily added to vocabulary selections, with spelling corrected automatically; longer words stored in vocabulary; and miscellaneous improvements, such as a shift lock and higher scanning speeds. The Auto-MOD is now more suited to use as a "stand-alone" communicator, with separate commands for PRINT and SPEAK; separate memory storage areas, permitting the user to respond to conversations without affecting a longer block of text being prepared for written correspondence; and "word wrap" on text display which makes reading from the screen easier.

With the above enhancements complete, the VIC-20-based Auto-MOD System is considered to be a finished product. A contract is planned to update the MOD System user documentation to this final version.

Elementary MOD Keyboard

This version, originally developed in collaboration with the Hugh MacMillan Medical Centre, Toronto, Ontario, has been in routine clinical use for about two years. During the past year, further work was contracted to the Hugh MacMillan Medical Centre for formal case studies and for an instructional videotape on the applications of the Elementary MOD Keyboard (EMK) to young, severely disabled children.

In collaboration with the Hugh MacMillan Medical Centre, Ottawa Children's Treatment Centre, and École Joie de Vivre, Hull, Quebec, specifications were developed for an improved version of the EMK. This "Version 2" has been completed, incorporating numerous minor improvements, plus the following: larger variety of scanning strategies, permitting the EMK to be used for assessment and training; delete-last-entry or "oops" command (can be used in either immediate or deferred modes); can be used as a stand-alone communicator, with connection to a printer and/or speech synthesizer; and simplified menus for beginning users.

Together with the Auto-MOD documentation, mentioned previously, a contract will be issued to update the instruction manual for the EMK to correspond to the new Version 2. Combining the two documentation tasks will permit the same instructional material to be used for those aspects of both MOD systems which are similar.

Alternative Input Interfaces

One of the features of the MOD Keyboard System is the flexibility it offers for connection of a wide variety of input interfaces. During the past year, we have continued to explore even more input options. A Morse code input scheme was prototyped which made use of the MOD System's second display screen and auto-vocabulary features. Further work has been postponed, however, due to higher priority items.

For several years the MOD System has provided for the connection of an analog (potentiometer) joystick. This option has seldom been used, unfortunately, since there does not appear to be any potentiometer device on the commercial market which is suitable for use by a severely handicapped person. Since a direct-pointing-type proportional input option was part of the original design objectives for the MOD System, we have continued to investigate other alternatives. Several different long-range light pens and ultrasonic ranging systems have been acquired and tested in our laboratory.

One commercially available analog control is the chin controller made (primarily) for controlling powered wheelchairs by the Du-It Control Systems Group, Inc., Shreve, Ohio. The Du-It control produces an analog voltage proportional to the position of the chin-operated stick. An adapter was developed to make the Du-It control compatible with the MOD Keyboard's potentiometer input port. The adapter, in fact, permits the use of a wide variety of new controls with the MOD Keyboard.

Another commercial product is the HeadMaster©, a head position sensing system developed for the Apple Macintosh computer by Personics Corporation, Concord, Massachusetts. It replaces the Macintosh's mouse for positioning the pointer on the screen. Four ultrasonic transducers are used to measure head movements; these measurements are converted to signals compatible with those of the Macintosh mouse. To assess the operation of the HeadMaster with the MOD Keyboard System, an adapter was developed to convert Macintosh mouse signals into ones compatible with the VIC-20 Game I/O port. After some testing and user feedback, we have found the HeadMaster to be a useful device, but several improvements are necessary for it to be more accepted by the handicapped community. These changes include reduced cost, reduced sensitivity to tremor, more control options such as relative or direct positioning, and wireless operation. (The Personics' unit requires that the user wear a headset, which is connected to the controller by a cable.) New head positioning systems are being investigated with a view to meeting these objectives.

Translation of MOD Keyboard Software

The present MOD Keyboard System has been served well by the VIC-20 computer, which provided a low-cost "substrate" for the System. On the other hand, the cluttered physical configuration of the VIC-20, especially with the cassette recorder used for backing up the user's files stored in the MOD cartridge, has become an increasingly negative factor. Now, considering the decreasing costs for computer systems with larger memory and built-in disk drives, combined with rising expectations on the part of computer users (including the handicapped) for easier-to-use systems, the VIC-20 is no longer perceived as the ideal choice it once was.

With these factors in mind, a new software version of the MOD Keyboard has been specified and is currently being developed under contract. This version will be diskette-based, rather than cartridge-based, and will embody all features of the present Auto-MOD Keyboard. The new software is being written in the C programming language to facilitate future enhancements and portability to other computer systems. Initially the MOD Keyboard software is being designed to run on the IBM PC or any of the many MS-DOS compatibles. In this way, the important feature of a separate screen for the user's keyboard is maintained while greater reliability, convenience of use, cleaner physical configuration, and much wider availability are added.

Publicity

Our work on technology for the developmentally delayed has been given publicity in *Canadian Science News*, July 31, 1986, and in *The Ottawa Citizen*, December 6, 1986. Our work on head-pointing input interfaces was shown at the Department of Supply and Services Office Automation Show for the Disabled, Ottawa Congress Centre, February 17–18, 1987. As well, this exhibit was featured in *The Ottawa Citizen*, February 19, 1987.

Safety in Buildings

■ J. PAULS

Research continued in a number of areas including assistance on a study of evacuation of large buildings, in conjunction with Australian and British researchers, on a study of falls by the elderly, and planning for an international conference and symposium in Ottawa in the spring of 1987. An international perspective on building safety for people with disabilities and for elderly people is among the topics addressed in these meetings. On a local level, input was also provided on the matter of fire safety for people with disabilities, within the Fire Safety Committee of the Rehabilitation Institute of Ottawa. Technology transfer continued in relation to revisions of egress and stair safety requirements in major American-based codes and standards and in provincial building codes in Canada. An educational program on recent developments in American standards and codes was given in November 1986. There was also participation in a Federal–Provincial meeting to examine the need for a new national design standard on accessibility of buildings for people with disabilities.

■ The Effects of Non-ionizing Radiation

Objectives

1. To determine the effects of non-ionizing radiation on biological systems in order to acquire an understanding of the interactive process and the biological consequences of such radiation.
2. To apply this understanding to the development of safety and performance standards, and to development of new therapeutic and diagnostic instrumentation.

The Medical Engineering Section is currently focusing its efforts on the effects of ultrasound. Next to X-rays, ultrasound radiation is the most widely used form of radiation/illumination in our health care

system. In spite of its widespread use concerns continue to be expressed about its safety. The Medical Engineering Section has developed sensitive biological models and measuring techniques with which specific processes, including metabolic processes, can be studied. The models and the experimental procedure will lead to important insights into the interactive mechanism and in quantifying *in vivo* bioeffects.

To complement its biological measurement capability, the Medical Engineering Section has developed a facility for calibrating ultrasonic transducers and for accurately measuring their radiation patterns. The Section provides calibration services to Canadian industry and takes part in intercomparison measurements with the National Bureau of Standards in the United States and with the National Physical Laboratory in the United Kingdom (see Fig. 3).

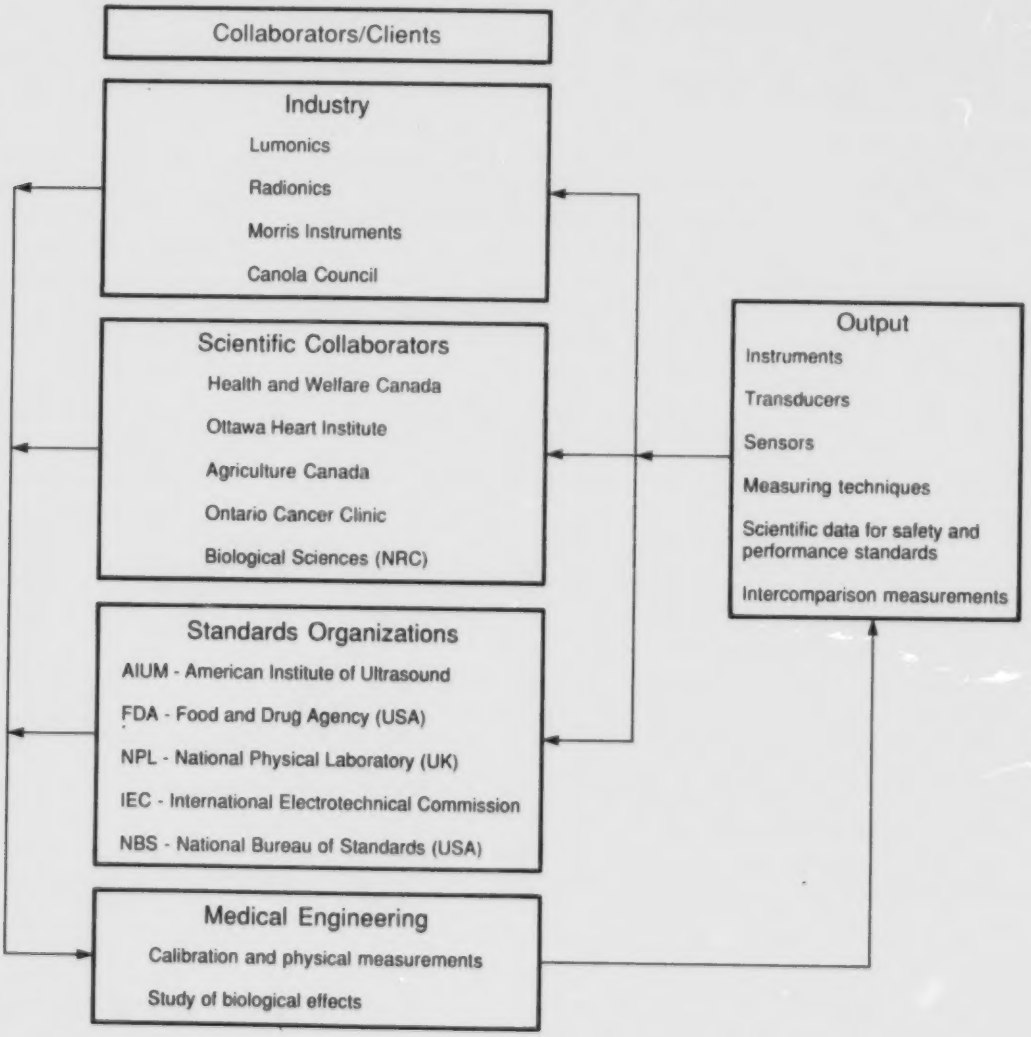


Figure 3 Effects of non-ionizing radiation.

Magnetic Resonance Studies of Cardiac Contractility

■ G.V. FORESTER
– E.J. VILLENEUVE – J. SCOTT

We have shown that ultrasound application (0.25–2.0 W/cm² SATA at 1 MHz) to myocardium results in an increase in contractility. This has been tested in isolated papillary muscle, Langendorf perfused preparations, and *in situ* with anesthetized animals. However, the sequence of biological events which leads to the beneficial effect has not been elucidated. To determine the mechanisms behind the inotropic cardiac effects the metabolism of the heart during ultrasound exposure is being studied. The approach is to use a high-resolution Magnetic Resonance Spectroscopy (MRS) probe. Magnetic Resonance Spectroscopy is used to measure nondestructively the concentration of critical chemical compounds in the tissues and, therefore, continuously measure minute changes in the metabolic state of the heart without having to remove the heart from its experimental environment. The high-resolution MRS probe was conceived and constructed at the National Research Council and the studies involve the collaboration of the Medical Engineering Section with the Molecular Biophysics Section of the Division of Biological Sciences, and with Morris Instruments Inc.

The high-resolution probe allows the measurement of phosphorus compounds in hearts with about a four times improvement in resolution over conventional MRS probes. Significant spectra can be obtained in as little as 20 s. This allows us to dissect metabolic changes associated with energetics within the perfused heart muscle.

The preliminary data (Fig. 4) suggest that ultrasound increases contractility by pushing energy utilization. Under normoxic conditions the metabolism is shifted to an increase in the availability and use of the oxidative reserves (the energy derived from oxygen and glucose), but under hypoxic conditions and with

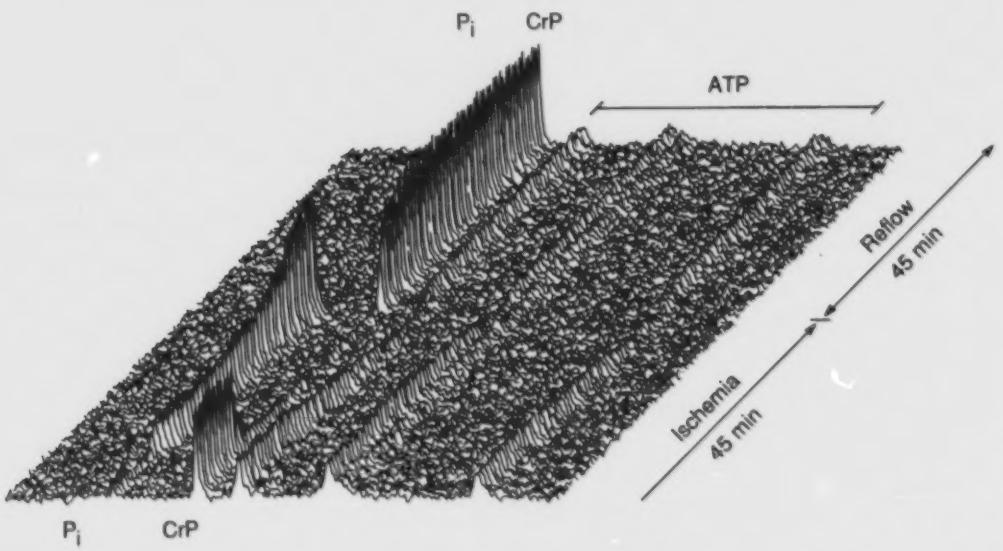


Figure 4 Magnetic Resonance Spectra from a rat heart in which flow of nutrients was stopped and then reinstated. The spectra are obtained 30 s apart. The peaks on the right are proportional to the concentration of Creatine Phosphate (PCr), a source of energy for the heart in stressful conditions. The peak on the left is organic phosphate (Pi), which is one of the breakdown products from PCr. Note the buildup of Pi as PCr decreases and the recovery of the PCr as the Pi decreases upon reflow.

pacing, when the supply–demand ratio shifts to the demand side, the emergency reserve of Creatine Phosphate (PCr) is activated.

These are the first studies conducted anywhere which assess the metabolic pathways in the heart. The technique is of great value and has generated a great deal of interest.

Altered Myocardial Contractility with Simulated Diagnostic Ultrasound

■ A.J. MORTIMER – B.J. TROLLOPE – E.J. VILLENEUVE – J. SCOTT

The development of pulsed Doppler ultrasound systems for the evaluation of blood flow has allowed the introduction of diagnostic techniques such as detection of congenital heart defects, measurement of fetal blood flow, and assessment of placental blood supply, which are particularly important in some high risk pregnancies. Because of these important capabilities a new generation of instrumentation has become available. The new pulsed Doppler systems have acoustic output levels significantly higher than those in currently used diagnosis. In fact, the highest average intensity diagnostic levels are higher than the levels at which we have seen ultrasound induced alterations in myocardial contractility. Experiments were conducted to determine if the short acoustic pulses used in diagnosis would have the same effect on the myocardium as the continuous wave radiation used in our previous studies. We examined the effect of pulses of ultrasound similar to those used in pulsed Doppler systems on the isolated papillary muscle preparation.

Simulated diagnostic ultrasound caused a significant increase in myocardial contractility (Fig. 5). The acoustic parameters are within the range of values used clinically, and although they are at the maximum of the range, the response observed was large (90% change in contractility). These results are the first report of physiological changes caused by acoustic pulses similar to those used in pulsed Doppler diagnosis. Even though the use of pulsed Doppler ultrasound is of great clinical importance, any effect on fetal development caused by such examinations would be unacceptable. It is, therefore, essential that these results be expanded so that the clinical significance of these findings can be evaluated.

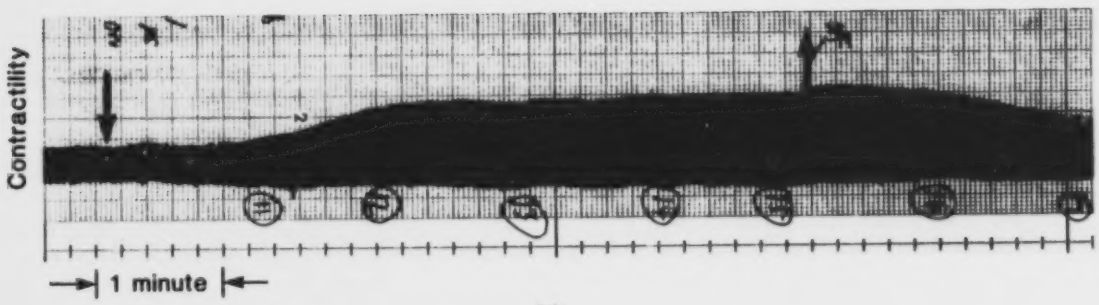
The Effects of Ultrasound on Oxygen Transport

■ A.J. MORTIMER – B.J. TROLLOPE

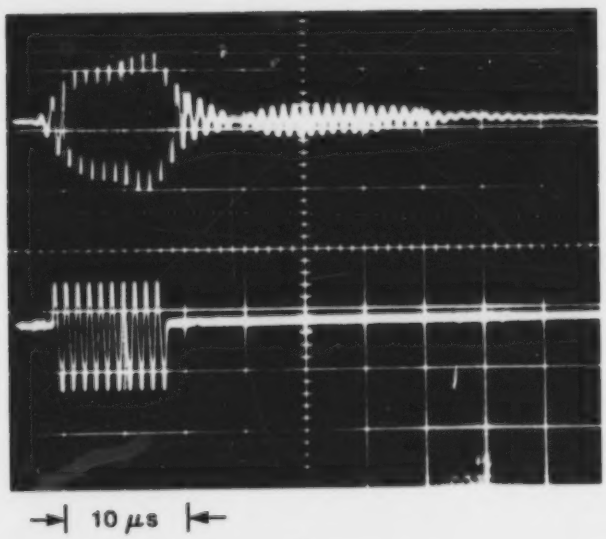
The results of our studies of the effect of ultrasound on the myocardium both *in vitro* and *in situ* indicate that the greatest increases in contractility occur when the heart muscle is hypoxic or depleted of other metabolic substrates. One explanation for these increases in performance is that ultrasound increases transport of important components into the cell. While the study of the transport of many important metabolic substrates is relatively straightforward the measurement of oxygen transport in functioning cells is extremely difficult. We have thus chosen to examine the hypothesis that ultrasound increases oxygen transport using an isolated membrane system.

Oxygen transport through frog abdominal skin was studied using both pulsed and continuous wave ultrasound. Frog skin provides a suitable experimental model since it has well-known oxygen transport capability (used during hibernation) and is a standard model for the study of membrane transport phenomena. The results of our studies indicate that ultrasound does significantly increase oxygen transport, and that the mechanism of action is probably ultrasonically induced streaming or stirring at the membrane surface. The lack of dependence on acoustic pulse width indicates that response is not the result of cavitation (acoustically generated bubbles) but due to streaming, since at a constant intensity cavitation is proportional to pulse duration. The physical mechanisms for transporting oxygen are similar to those for frog skin.

Although the studies in isolated membrane systems cannot answer directly the question of how increased contractility occurs, we have demonstrated that therapeutic ultrasound can cause increases in oxygen transport. The information will assist in predicting the response to therapeutic ultrasound of other systems such as the heart and healing wounds.



(a)



(b)

Figure 5 The effect of simulated diagnostic ultrasound on the contractility of isolated cat papillary muscle: (a) irradiation started at (ι) and ended at (ι); (b) the waveform of the acoustic pulse .

Ultrasound Directed Laser Angioplasty

A recent development in cardiac surgery is the experimental use of an Eximer laser to remove plaque from within the coronary artery. Known as transluminal coronary angioplasty, the technique has the potential to eliminate surgery in many cases of coronary artery disease. Transluminal angioplasty may be performed without opening the chest, thus reducing hospital costs and increasing the rate of patient recovery. Eximer laser angioplasty produces an extremely clean incision with no burning or trauma to the blood vessels.

The applicability of this technique is presently limited because of the cardiologist's inability to identify the plaque to be removed from the vessel wall, which is to remain intact. An ultrasound ranging system is under development which will allow differentation between a vessel wall and plaque. A prototype unit has

been constructed using an ultrasound probe 1 mm in diameter. Samples of human plaque are being examined to determine the characteristics of the reflected ultrasound. Preliminary tests indicate that the instrument can differentiate between plaque and vessel walls and therefore a clinically useful tool may result.

■ Biological Information Enhancement

Objective

1. To develop improved instrumentation and methods of data collection, analysis, and interpretation in order to increase the understanding of biological processes.

Continuing improvement in both the delivery and economics of health care will depend upon increasing the diagnostic and therapeutic decision-making capabilities of the health care worker. The increased capabilities will be reflected in better medical management and in shorter periods of hospitalization. Technologies which have a vital role to play in this area are those which generate data by non- or less-invasive means and those which assist in the interpretation of data.

The Medical Engineering Section is developing noninvasive techniques to address a number of problems, including osteoporosis, which is of great concern to the elderly. It is estimated that almost 1% of total Canadian health care costs are associated with this disease.

Another area of interest is in the field of knowledge-based systems. Research into methods and means of increasing the decision-making capabilities of health care workers is being undertaken. Areas of research include the use of database management and other techniques to achieve automated knowledge acquisition (see Fig. 6).

Noninvasive Structural Analysis of Calcified Tissues

■ R.C. Black – A. Foux – C. Merritt – O.J. Svec[1] – H.K. Uhthoff[2]

Fractures of the spine and lower extremities lead to prolonged hospitalization of the elderly and often loss of physical independence. Noninvasive estimation of bone strength at critical sites will provide an important tool in the development of treatments for the prevention of fractures of osteoporotic bone and the consequent handicapping complications. The proximal femur was selected as the most important structure to study since the prevalence of hip fractures is high and the complications disabling, if not fatal.

In order to perform a noninvasive structural analysis of individual bones a demonstration project has been initiated to integrate clinical density data with structural finite element models. The research plan is designed to proceed in phases beginning with a proof of concept study using thin slices of whole bone and corresponding two-dimensional structural models.

In the past year techniques were developed, in collaboration with the Bone and Joint Laboratory of the University of Ottawa, to collect materials and data required for the investigation. Sample femora were prepared at the Bone and Joint Laboratory and CAT scan data collected. Thin slices were then machined parallel to the long axis of the femur providing specimens representative of a two-dimensional structural model including the proximal shaft, neck, and head. Contact X-rays were taken to provide high-resolution density images suitable for digitization and analysis.

The plane X-ray images were digitized and analyzed to establish consistent rules for defining the internal architecture of the trabecular (spongy) bone. This architecture forms the basis for automatic generation of a finite element model mesh. The structural modeling began with the development of a two-dimensional model, as represented by the femoral bone slices. Changes in internal bone architecture, material mechanical properties, and external loading were simulated to determine the sensitivity of the model. Biomechanical test facilities were developed for verifying agreement between modeling and mechanical

[1]Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada.
[2]University of Ottawa, Ottawa, Ontario.

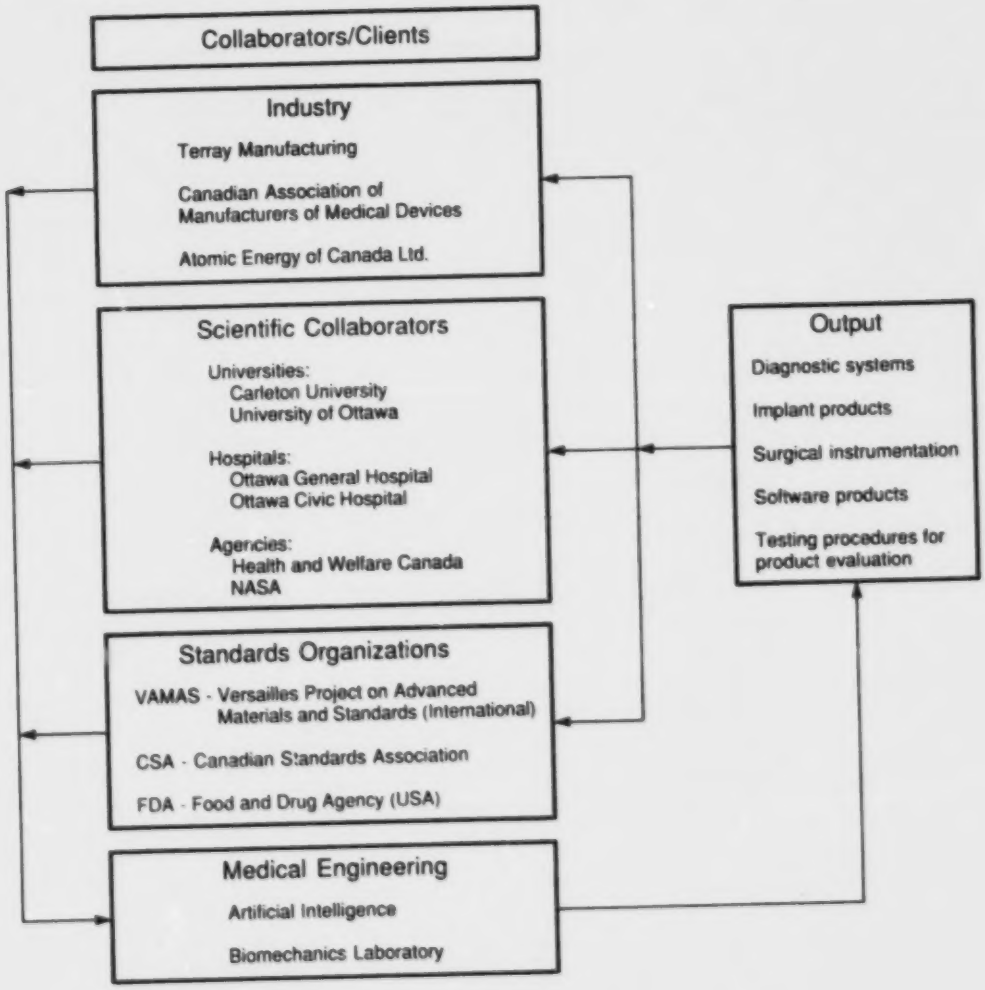


Figure 6 Biological information enhancement.

testing. Sample slices of known and uniform material properties were milled to the dimensions of the modeled bone samples and instrumented for strain measurements.

Biomechanical Test Laboratory

■ R.C. Black – L. McSheffrey – R. Skrypnyk – M.A. Lovas – G.W.D. Armstrong[1] – J.P. Murnaghan[1]

The nondestructive testing techniques, developed in support of the noninvasive structural analysis project, have led to applications in other orthopedic studies. Nondestructive evaluation of the directional mechanical flexural properties of whole bone have contributed to the testing of fracture fixation plates. A Polar Flexural Rigidity Profile (PFRP) and indices of healing efficiency (see Fig. 7) were used in the assessment of fracture plate design.

Collaborative projects are being conducted with the Ottawa General Hospital to develop improved

[1]Ottawa Civic Hospital, Ottawa, Ontario.

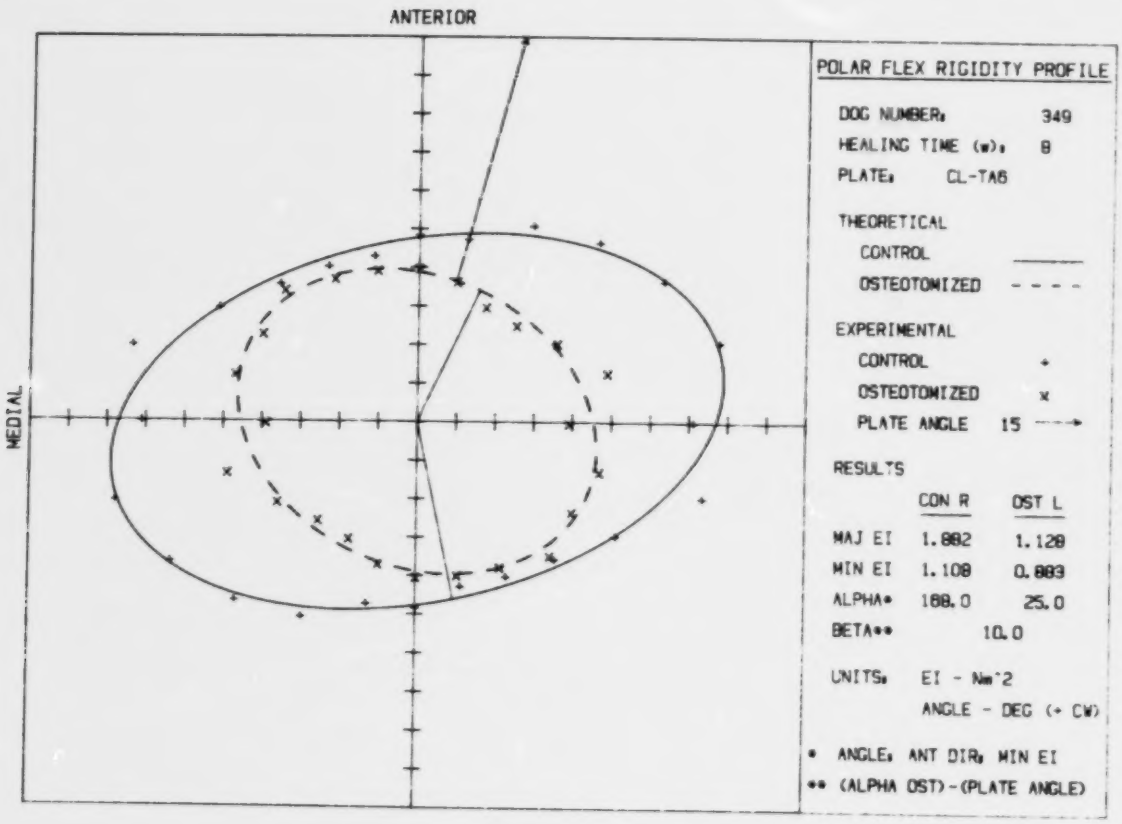
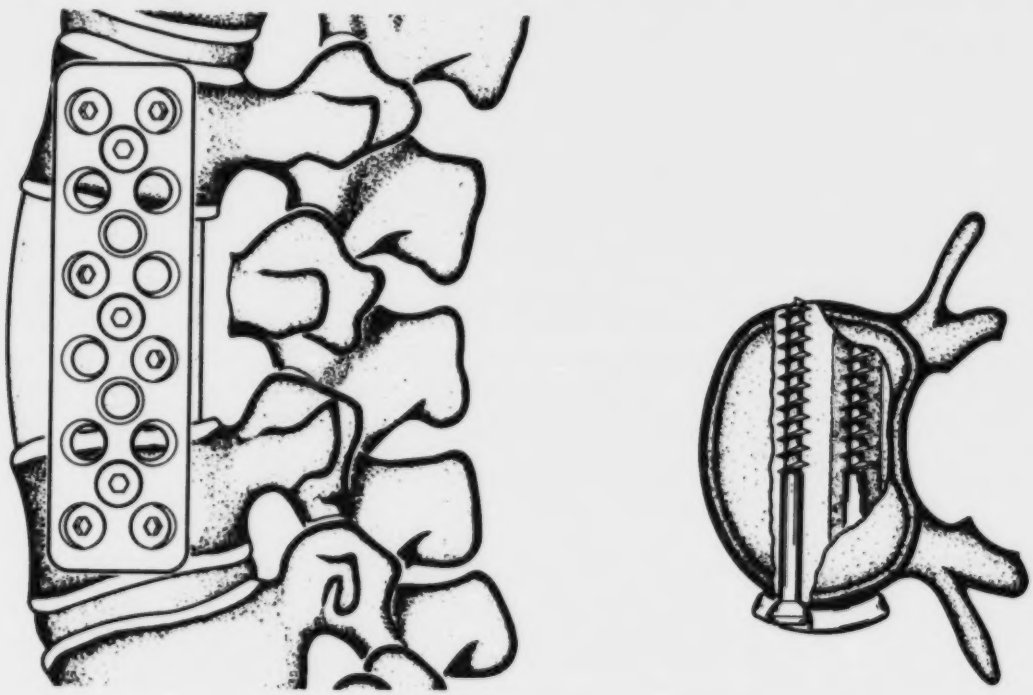


Figure 7 Polar Flexural Rigidity Profile based upon an elliptical regression fit.

fracture plate design. The rigid compression fracture plates introduced after the Second World War have improved post-operative recovery and reduced health care costs through shortened hospital stay. However, fracture plates which are extremely rigid are thought to shield the bone from normal loads and lead to localized bone loss, disuse osteoporosis. A design and evaluation program has been initiated to determine the optimal axial loading and corresponding directional plate stiffness to maintain normal cortical bone microstructure and strength. This research will contribute to understanding of the relationships between weight bearing and bone structure.

The biomechanics laboratory has also contributed to collaborative studies at the Civic Hospital in the development of an anterior spinal fixation plate (see Fig. 8). There are a number of circumstances which result in the destruction of, or severe damage to, the anterior vertebral body. When the indicated approach to the spine for corrective surgery is from the front (anterior) it is necessary to have implants which will provide structural stability during the subsequent phase of healing or function as part of a permanent structure where the patient has a short-term terminal disease. Previous attempts to design an anterior plate have been unsuccessful but a simpler system devised in our laboratory has had promising early results. This plate is applied away from the major blood vessels and has a low profile to prevent the vascular complications associated with other systems. The biomechanics laboratory has made evaluation of these devices

possible and assisted in the transfer of this technology to the private sector. Further national and international clinical trials are under negotiation while further evaluative tests are being planned into specific surgical constructs and procedures.



(a) (b)

Figure 8 Anterior spinal fixation plates: (a) lateral view, (b) top view.

A second project being conducted in collaboration with the Ottawa Civic Hospital pertains to the objective noninvasive measure of shoulder motion. This measurement system is used for evaluation of therapeutic treatments, diagnosis, and operative planning. Clinical studies are presently being conducted using a three degree of freedom electromechanical goniometer developed in this Section. A second instrument, a magnetic six degree of freedom tracker, is being evaluated for application in more detailed motion analysis. During the past year this system has been adapted to operate with the existing Apple II software to verify the human/transducer mechanical interfaces. Software is now being developed for its use with an IBM AT compatible system to permit the use of three-dimensional graphic displays.

Education

A two-year bioengineering course for the orthopedic residents at the University of Ottawa has been developed to introduce essential biomechanical concepts for the practice of orthopedics. Contributions to this educational program are also of importance to foster an interest in research among residents for the future benefit of the health care system. In addition, a final year thesis from the Mechanical Engineering Department was supervised. The thesis project was the evaluation of the fixation of spinal plate to vertebral bodies using cancellous screws and bone cement.

Discovery Paradigms for Taxonomic Classification of Disease

■ D. Crabtree – J.W. Brahan – H.T.J. Mount[1] – M. Niktash[2] – I.S. Pressman[2]

Medicine's ability to comprehend, diagnose, and manage disease is fundamentally related to how expert inductive skills result in and refine taxonomic classifications of disease. (Taxonomic classification means arrangement of subjects in classes as opposed to diagnostic classification which means assignment of a subject to a particular class.) Axiomatically, these skills are based on perceiving a relatively high degree of homogeneity within the disease classes bounded by the partitions chosen. They involve knowledge pertaining to the strengths of associations between various intermediate diagnostic states and the disease classes defined by the partitions. Increasing error results if an expert's information processing load associated with all these variables approaches the limits of human information processing capacity and failure results if the load exceeds capacity. Therefore, experts' inductive skills result in flawed knowledge near the bounds of human comprehension and do not accede to latent knowledge which awaits discovery beyond these bounds. In the terminology of organizational behavior, this occurs when the complexity of the problem exceeds the expert's span of control. The immediate consequences are disease classes that contain inhomogeneous populations. This impedes or completely stalls progress in modeling any pathophysiologic process because the model's validation depends on comparisons between its stated variables and variables measured or observed within a homogeneous population. Much of Medicine's understanding of such disease classes is therefore constrained within the limits of flawed phenomenological description that obstructs development of improved techniques for diagnosis and disease management. Science in general needs better methods to refine, and thereby progress beyond, purely phenomenological descriptions of nature, especially for complex systems involving many variables. In particular, Medicine needs a general methodology to better guide pathophysiologic research.

One way to understand, replicate, and extend the inductive skills whereby experts attain and refine taxonomic classifications of disease is to model these skills by developing paradigms for machine-based implementation.

In knowledge-based systems science one of the current major topics of research is machine learning, a topic of which the allied technology is still in its infancy.

In principle, machine implementations of discovery paradigms eliminate the problems of limited human information processing capacity by providing a means for machine learning through analysis of representative data gathered from subjects. As the subject databases grow these tools will continue to refine and augment the knowledge base of disease classification. Discovery paradigms are based on numeric and/or symbolic methods.

Individual researchers at the departments and institutions involved comprise a team which has initiated a project to determine the feasibility of automating the inductive skills whereby experts cluster subject data to attain taxonomic classifications of processes. Medicine will be the focus of the investigation but there are potential needs for applying automated taxonomic classification to many processes spanning the industrial, the military, and other sectors. The domain of the study will be familial retinal degeneration, a collection of visual disorders which has all the characteristics of poorly understood multifactorial diseases noted above. Three tasks are planned to complete the project within a term of one year. The first task is to model the discovery processes involved in taxonomic classification. The second task will involve determining the intermediate states forming the structure of the model and gathering the corresponding intermediate data for selected individuals afflicted with familial retinal degeneration. The third task will include specifying machine-based discovery paradigms, a partial implementation of these paradigms for demonstration purposes, and an evaluation of the demonstration system.

[1]University of Ottawa, Ottawa, Ontario.
[2]Carleton University, Ottawa, Ontario.

RECENT PAPERS — MEDICAL ENGINEERING SECTION

Published

- ☐ BLACK, R.C. Animal experiments in the analysis of implants. Proceedings of the 12th Canadian Medical and Biological Engineering Conference, Vancouver, B.C. July 23–27, 1986. pp. 154–155. NRC 27734.
- ☐ FORESTER, G.V., PETERSON, E.A., AND ROY. O.Z. Effect of therapeutic level ultrasound on visual evoked potentials in the hypoxic cat. Ultrasound Med. Biol. 13(5); 259–265; 1987. NRC 27838.
- ☐ FOUX, A., BLACK, R.C., AND SKRYPNYK, R. Polar flexural rigidity profile. Proceedings of the 12th Canadian Medical and Biological Engineering Conference, Vancouver, B.C. July 23–27, 1986. pp. 144–145. NRC 27421.
- ☐ KORBA, L.W., ROLLIN-POIRIER, L., AND NELSON, P.J. Alternate keyboard computer access: What does that mean? (Extended abstract.) Proceedings of the S.M. Dinsdale International Conference in Rehabilitation, Ottawa, Ont. May 28–30, 1986. pp. WK 3 and WK 3.1. NRC 27777.
- ☐ LEGENDRE, J.P., AND FORESTER, G.V. A fibre optic sensor of physiological parameters. (Extended abstract.) "Optical Testing and Metrology," Proceedings of SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Sciences and Engineering, Quebec, P.Q. June 3–6, 1986. Vol. 661, pp. 218–223. NRC 25929.
- ☐ LEGENDRE, J.P., MISNER, R., FORESTER, G.V., AND GEOFFRION, Y. A simple fibre optic monitor of cardiac and respiratory activity for biomedical magnetic resonance applications. J. Magn. Reson. Med. 3: 953–957; 1986. NRC 27509.
- ☐ MORTIMER, A.J. Biological effects of diagnostic ultrasound: experimental results. British J. Radiol. 46: 68–69; 1986.
- ☐ MORTIMER, A., AND MACLEAN, J. A dosimeter for ultrasonic cavitation. (Extended abstract.) Proceedings of the Annual Meeting of the American Institute of Ultrasound, Las Vegas, NV. J. Ultrasound Med. 5A(Suppl.): 137; 1986.
- ☐ MORTIMER, A.J., TROLLOPE, B., SCOTT, J., AND ROY, O.Z. The effects of therapeutic ultrasound on blood flow in the pig thigh. (Extended abstract.) Proceedings of the Annual Meeting of the American Institute of Ultrasound, Las Vegas, NV. J. Ultrasound Med. 5A(Suppl.): 179; 1986.
- ☐ PAULS, J. Role of the courts in determining responsibility and costs for building-related accidents. Proceedings of the 17th Annual Conference of the Environmental Design Research Association, Atlanta, GA. April 1986. p. 363. NRC 27735.
- ☐ PAULS, J. The safety of people in public places. Proceedings of International Fire and Security Exhibition and Conference (IFSEC '86), London, England. April 1986. pp. 23–72. NRC 27420.
- ☐ PAULS, J. Safety of movement on stairs: recent research findings, consumer concerns, and regulatory developments. Proceedings of Fourth International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons, Vancouver, B.C. July 1986. In press.
- ☐ PAULS, J. Movement of people in buildings: an international review of two decades of research and technology transfer. Proceedings of the Tenth Triennial Congress of the International Council for Building Research, Studies and Documentation, Washington, DC. September 1986. Vol. 7, pp. 2982–2991. NRC 27419.
- ☐ PAULS, J. Are functional handrails within our grasp? Proceedings of the 18th Environmental Design Research Association Conference, Ottawa, Ont. May 29 – June 2, 1987. pp. 121–127. NRC 27871.
- ☐ PAULS, J. Movement of people. *In* Handbook of Fire Protection Engineering, Fundamentals. Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Boston, MA. In press.
- ☐ PAULS, J. Calculating evacuation times for tall buildings. Fire Safety Journal. In press.

☐ Roy, O.Z., Scott, J.R., and Trollope, B.J. 60 Hz ventricular fibrillation thresholds for large-surface-area electrodes. Med. Biol. Eng. Comput. 24: 471–474; 1986. NRC 26554.

Presented

☐ Beattie, R., and Black, R.C. Biomechanics Lecture II. Implant and biological materials. Ottawa Civic Hospital, Ottawa, Ont. February 5, 1986.

☐ Beattie, R., and Black, R.C. Biomechanics Lecture III. Tribology concepts and relevance. Ottawa General Hospital, Ottawa, Ont. March 5, 1986.

☐ Beattie, R., and Black, R.C. Biomechanics Lecture IV. Structural analysis of implants. Ottawa Civic Hospital, Ottawa, Ont. April 2, 1986.

☐ Black, R.C. Space: biomedicine and biotechnology — a review of the workshop held May 29–30, 1986. 12th Canadian Medical and Biological Engineering Conference, Vancouver, B.C. July 23–27, 1986.

☐ Black, R.C., Svec, O.C., and Uhthoff, H.K. Non-invasive estimation of bone strength. NRC/DEE Science Association, Ottawa, Ont. April 23, 1986.

☐ Black, R.C., Armstrong, G.W.D., Gardner, V., Tierney, K., and Elliott, R. The development and assessment of an anterior fixation plate. "New Horizons in Spinal Surgery," University of Ottawa, Ottawa, Ont. May 8–10, 1986.

☐ Cerckel, P.H., Uhthoff, H.K., and Black, R.C. The effects of metal plates on the healing of canine osteotomies — a structural and mechanical analysis. 20th Annual Meeting of the Canadian Orthopaedic Research Society, Edmonton, Alta. June 1–2, 1986.

☐ Charbonneau, J.R., and Poirier, L.R. Utilité du micro-ordinateur pour la personne handicapée. An International Conference on Physical Disabilities, Montreal, P.Q. June 4–6, 1986.

☐ Forester, G.V. An overview of the effects of ultrasound on the heart. How is the effect mediated? Division of Biological Sciences, National Research Council of Canada, Ottawa, Ont. January 1986.

☐ Forester, G.V., and Mortimer, A.J. Medical ultrasound and biological effects, new questions and safety. NRC/DEE Science Association, Ottawa, Ont. March 5, 1986.

☐ Forester, G.V., Peterson, E.W., Roy, O.Z., and Scott, J.R. Protective effect of therapeutic ultrasound on hypoxic brain. 21st Canadian Congress of Neurological Sciences, London, Ont. June 1986.

☐ Forester, G.V., Peterson, E.W., Roy, O.Z., and Scott, J.R. The protective effect of therapeutic ultrasound on the hypoxic brain. 16th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Washington, DC. November 1986.

☐ Gerig, L.H., Hauderowicz, Z., Danjoux, C.E., Mortimer, A., and Kashyap, S. Thermal mapping in vivo and in vitro for microwave induced hyperthermia. 34th Meeting of Radiation Research Society, Las Vegas, NV. April 12–17, 1986.

☐ Hranchuk, K. Implications of assistive devices in education. Professional Development Day, Ottawa Regional School Boards Four-board Agreement for Special Education, Ottawa, Ont. October 16, 1986.

☐ Hranchuk, K. Assistive devices and the developmentally delayed. Ontario Ministry of Community and Social Services, Prince Edward Heights, Picton, Ont. January 13, 1987.

☐ Hranchuk, K. Assistive devices and the developmentally delayed. Ontario Ministry of Community and Social Services, Rideau Regional Centre, Smiths Falls, Ont. January 27, 1987.

☐ Hranchuk, K., and Ehrenworth, J. Research implications for electronic equipment with the developmentally handicapped. Community Living Conference, Ottawa, Ont. February 19, 1987.

☐ Korba, L.W. Technical aids at the National Research Council of Canada: past – present – future. School of Rehabilitation Therapy, Faculty of Medicine, Queen's University, Kingston, Ont. December 12, 1986.

☐ Mortimer, A.J. The Canadian Life Sciences experimental program. NASA/Canada Life Sciences Briefing, Washington, DC. January 13, 1986.

☐ Mortimer, A.J. Canadian space physiology experiments (SPES). IML-1 Working Group, Marshall Space Flight Center, Hunstville, AL. January 22, 1986.

- ☐ MORTIMER, A.J. Biological research at diagnostic ultrasound exposures. British Institute of Radiology and Roentgen Society, London, England. May 15, 1986.
- ☐ MORTIMER, A.J. Canadian scientific requirements for baseline data collection and preflight processing for IML-1. NASA/IML-1 Working Group, John F. Kennedy Space Center, Cape Canaveral, FL. June 24, 1986.
- ☐ MORTIMER, A.J. The ultrasound research program at the National Research Council of Canada. Guy's Hospital Medical School, London, England. July 24, 1986.
- ☐ MORTIMER, A.J. Canadian experiments for the international microgravity laboratory. NASA/IML Science Working Group, Washington, DC. September 11, 1986.
- ☐ MORTIMER, A.J. Recent advances in ultrasound physiotherapy. Physiotherapy Department, Montfort Hospital, Ottawa, Ont. November 18, 1986.
- ☐ NELSON, P.J. Computer access for the disabled. 4th Annual Symposium on Perspectives in Rehabilitation. IEEE Winnipeg Chapter and University of Manitoba, Winnipeg, Man. May 9, 1986. (Invited.)
- ☐ NELSON, P.J. The MOD Communicator. Workshop on Augmentative and Alternative Communication Systems, Hotel Dieu Hospital, Kingston, Ont. September 4–5, 1986.
- ☐ NELSON, P.J. The auto-MOD system. Microcomputers — Applications and Potential for Disabled Individuals. Seminar sponsored by the Multiple Sclerosis Society of Canada, Ottawa Division, and Designing Aids for Disabled Adults, Ottawa, Ont. September 17–19, 1986.
- ☐ NELSON, P.J. Research at NRC on adaptive devices for disabled students. Regional Computer Advisory Committee, Ontario Ministry of Education, Ottawa, Ont. October 10, 1986.
- ☐ NELSON, P.J. Computer adaptations for disabled people. Lifeskills Program, Ottawa YM-YWCA, Ottawa, Ont. December 11, 1986.
- ☐ PAULS, J. Fire safety within the context of building use and safety. National Fire Protection Association Annual Meeting, Atlanta, GA. May 1986.
- ☐ PAULS, J. Means of egress and stair design: what is behind current changes in codes and standards? National Fire Protection Association, Fall Meeting, Denver, CO. November 1986.
- ☐ PAULS, J. Stair safety and design. School of Architecture, Carleton University, Ottawa, Ont. February 1987.
- ☐ PAULS, J. Floor safety: the role of path surfaces in circulation safety. Research and Development Seminar, Armstrong World Industries, Lancaster, PA. March 1987.
- ☐ THIRSK, R., AND BLACK, R.C. Working in space: ergonomic considerations. NRC/DEE Science Association, Ottawa, Ont. June 18, 1986.
- ☐ THIRSK, R., AND BLACK, R.C. Biomedical engineering research in space: a case history. 12th Canadian Medical and Biological Engineering Conference, Vancouver, B.C. July 23–27, 1986.

Patents

- ☐ FORESTER, G.V., MORTIMER, A.J., AND ROY, O.Z. Method and device for enhancement of cardiac contractility. Can. Pat. No. 1,199,371. January 14, 1986. U.S. Patent No. 4,651,716. March 24, 1987.
- ☐ KORBA, L.W. Computer speed control. Can. Pat. No. 1,216,071. December 30, 1986. U.S. Patent No. 4,631,702. December 23, 1986.

LABORATORY FOR ELECTROMAGNETIC AND POWER ENGINEERING

Laboratory Head (Acting) — M.M.C. Collins

ELECTROMAGNETIC ENGINEERING SECTION

Section Head — S. Kashyap

■ Introduction

The research program in the Electromagnetic Engineering Section includes work in a number of related areas — Industrial Microwave Applications, Precipitation Radar and Propagation Studies, Antenna Design and Development, and Electromagnetic Compatibility.

The objective is to promote, assist, and perform research for the creation of new knowledge in electromagnetic engineering and apply it to the solution of problems of national concern in the areas of standards, communication, food and energy, in the treatment of cancer, and in the support of industrial innovation and development by technology transfer to industry.

The section consisted of 20 members at the end of March 1986. Dr. F.R. Hunt and Mr. R.E. Monnon retired on April 18, 1986. Four other members, Mr. W. Lavrench, Mr. A. Hendry, Mr. S.A. Stone, and Mr. F. Vachon, retired at the end of August 1986.

Faced with severe budget restrictions, NRC found it necessary to terminate a number of programs and the Electromagnetic Engineering Section was one of those affected. Some aspects of the electromagnetic compatibility project will continue as a part of another program in the Power Engineering Section. Efforts have been made to look for ways in which the remaining facilities can continue to be used. The private sector has expressed a strong interest in taking over these facilities and some of the staff, to offer a contract measurement and research service. Although no final arrangements have been made, it is anticipated that such a service will be available soon.

■ Industrial Microwave Applications

Electromagnetic Hyperthermia at 915 MHz

■ W. Wyslouzil – S. Kashyap

The use of electromagnetic hyperthermia for the treatment of malignant tumors is continuing to gain acceptance as a viable adjunct to conventional ionizing radiation therapy. A cooperative project with workers at the Ottawa Civic Hospital Cancer Clinic has been in place since early 1983; some of the earlier efforts were described in the *Bulletin of the Division of Electrical Engineering*, Vol. 2, No. 5.

Most of the initial efforts were directed at utilizing microwave applicators operating at 2450 MHz (the frequency used in domestic microwave ovens). Unfortunately, at that frequency the penetration is relatively shallow so that only superficial lesions can be treated effectively.

Operation at lower frequencies such as 915 MHz offers the promise of deeper heating, and the use of two or more applicators offers the possibility of not only heating larger volumes but also being able to control the temperature distribution within the volume by appropriate adjustment of the phase and amplitude of the power radiated from the individual applicators.

The performance of an array of applicators was investigated by using the experimental setup shown in Fig. 1.

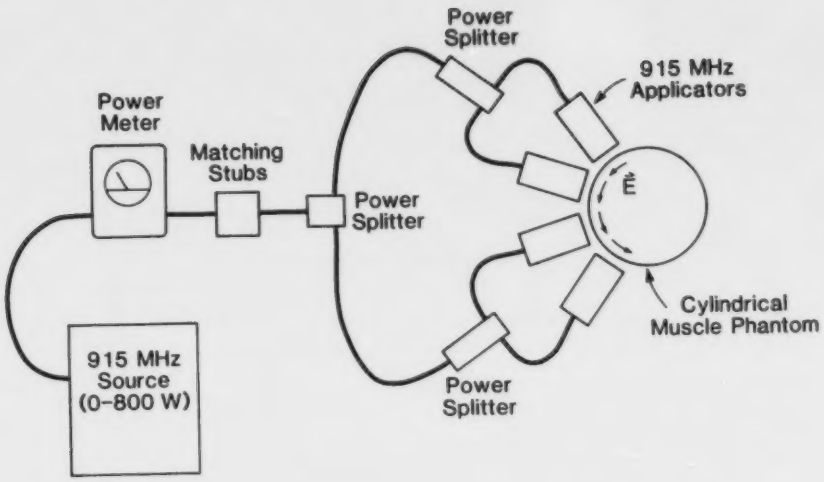


Figure 1 Experimental setup for heating a cylindrical muscle phantom.

At this stage of the investigation no attempt was made to control the magnitude of the signal reaching each applicator. As can be seen, the power was simply divided evenly among the applicators by means of two-way power splitters — either one or three depending on whether two or four applicators were being used. However, the relative phase of the applicators was changed by varying the length of the interconnecting cables.

The applicators were made from a waveguide with an aperture of 10.9 cm × 5.5 cm (4.3 in. × 2.15 in.). This size of waveguide is normally too small to propagate energy at 915 MHz, so that the applicators were filled with low-loss dielectric powder to make them appear larger to the electromagnetic energy. The applicators were positioned so that the electric field was perpendicular to the axis of the cylinder to be heated.

"Phantom" material with dielectric properties similar to those of muscle tissue was made from a mixture of water, polyethelene powder, salt, and a jelling agent. A diameter of 12 cm was chosen for the cylinder to simulate the human neck region.

Temperature distribution was measured by sliding multi-junction thermocouple probes into the phantom material immediately following the heating and rapidly performing some 40 temperature measurements with a multi-channel data logger. An IBM PC was utilized to process the data and calculate and display temperature profiles. An alternate method for visualizing heating patterns is to use a scanning infrared camera which can produce a detailed thermal picture of the temperature distribution on a surface. Thus, to visualize internal temperatures, a phantom split along the plane of interest has to be used.

Measurements were performed with two and four applicators, with the applicators in phase, and with various combinations of relative phase shifts.

The measurements showed that the depth of penetration is enhanced by the use of multiple applicators operating coherently (i.e., powered simultaneously from a single source), with four applicators giving about twice the penetration of a single applicator. This is illustrated in Fig. 2. It was also found that the shape of the heating pattern can be controlled to some extent by varying the relative phases of the applicators, although large phase differences resulted in anomalous heating effects such as severe hot spots in the axial direction of the cylinder.

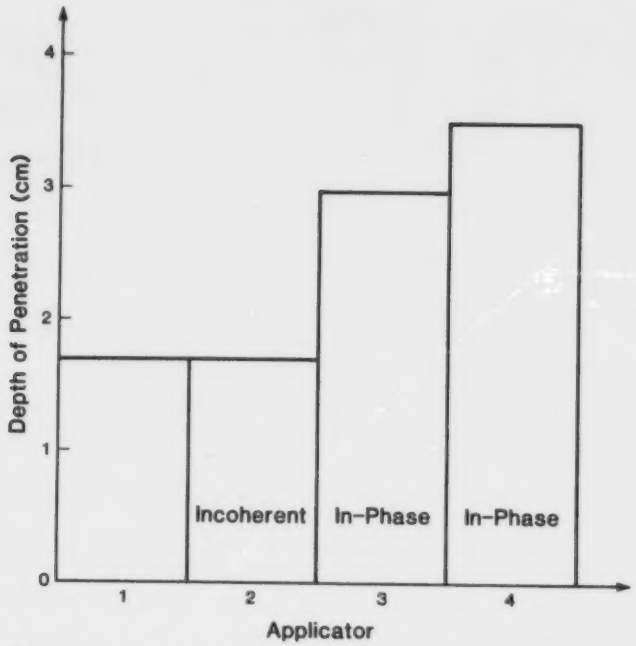


Figure 2 Depth of penetration for various applicator configurations.

Although these results seem promising a great deal of work remains to be done in terms of applicator engineering and the development of convenient means for controlling both phase and magnitude of the power continuously and under computer control.

Dielectric Measurements at Radio and Microwave Frequencies

■ J. AYER[1]

A relatively faster, but less accurate, method of measurement of the dielectric constant of solids and liquids with different sensors or sample holders up to a frequency of ~1.0 GHz was investigated. Using a modified General Radio (1951) dielectric sample holder, an RF vector impedance meter, and a synthesized RF signal generator, experimental values of the dielectric constant were obtained to an accuracy of ~15% from 1 kHz to 20 MHz. Tests indicate that further improvements to the sensor will increase the frequency range and also improve the accuracy. An experimental sample holder for liquids was conceptually satisfactory during the initial testing. Further modifications are required for its use in the system.

An E-H sensor assembly (1) was modified to measure dielectric constant and loss tangent using a vector voltmeter and a synthesized RF generator. The range of measurements was from 1 MHz to 1 GHz. This sensor could also be used for dielectrics in powder form. Some further modifications are required for its use with liquids.

The possibility of developing an automatic computer-interfaced method of detailed measurement with higher accuracy of not only the dielectric constant but also the loss tangent of solids and liquids at different temperatures and relative humidities from ~300 kHz to 3 GHz was investigated. A system study was done to integrate a vector network analyzer and an RF generator with a computer/printer interface. This system would measure the dielectric constant and loss tangent of solids and liquids at different temperatures and relative humidities by means of an environmental chamber. A study for the design of coaxial and waveguide sensors or sample holders for solids and liquids to be used with the above-mentioned system was also undertaken.

[1]Transferred to the Industry Development Office, National Research Council of Canada, February 1987.

Reference

1. F.S. Chute, M.R. Cervenan, and F.E. Vermeulen. A simple cell for the measurement of the radio frequency electrical properties of earth materials. Rev. Sci. Instrum. 49(12): 1675–1679; 1978.

Magnetron Power Supply

■ J. AYER[1]

Some experiments were conducted with a view to reducing the volumetric size and the weight of a typical CW Magnetron Power Supply, i.e., ~5 kV at 0.5 A and ~3.0 V at 15 A.

Studies were made in the techniques of the design of high voltage/high power airborne equipment, high frequency permanent magnet-biased transformer cores to reduce core size, cooling techniques to increase current density in the windings, and use of high efficiency switched-mode with MOSFET and BiMos topology at frequencies of over 100 kHz for the reduction of component size.

Some of the techniques mentioned above, when combined, would result in a design of an innovative Magnetron Power Supply of relatively smaller volume and weight with higher performance efficiency.

■ Precipitation Radar and Propagation Studies

■ A. HENDRY – Y.M.M. ANTAR – L.E. ALLAN

Radar research work concentrated on investigating the relationship between preferred orientation of atmospheric particles and the radar echoes at circular and linear polarization (Fig. 3). Results from this work provide means for separating the effects of preferred orientation from the effects of particle shape distribution, and thus significantly improving radar capabilities in remote sensing of precipitation.

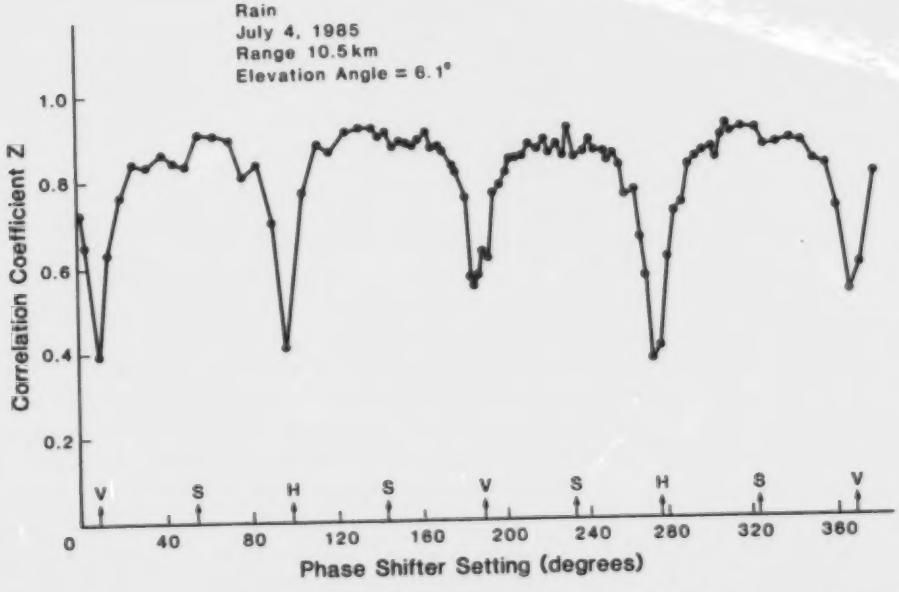


Figure 3 Measured values for the correlation coefficient in rain, July 4, 1985, with varying direction of polarization. The abscissa is a readout of a rotary phase shifter used to control the direction of polarization. The markings V, S, and H show the settings for vertical, slant 45°, and horizontal directions, respectively.

[1]Transferred to the Industry Development Office, National Research Council of Canada, February 1987.

Scattering measurements on various vegetation samples, comprising tree leaves and branches of various sizes and types, were performed. Initial results from these measurements proved to be very useful in assessing models under development for remote sensing applications. Collaboration with researchers at the University of Essex, United Kingdom, continued and very good results were obtained (Fig. 4). Similar joint efforts have started and are continuing with the University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, and the University of Texas at Arlington, Texas.

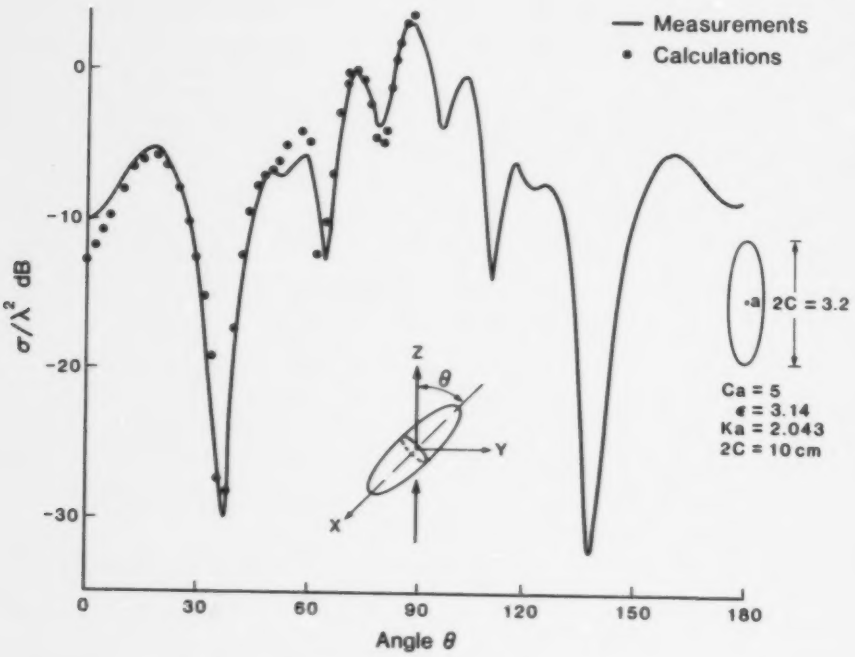


Figure 4 Normalized backscatter circular polarization radar cross section for a synthetic ice prolate spheroid.

Considerable time has been spent on improving the radar systems. A new fiberglass reflector for the X-band antenna was made and tested, and the system was returned to full operation. The Ku-band radar antenna was repaired after some deformations to the surface from its original paraboloidal shape were discovered. Further modification to the scattering system continued; a new waveguide switch that allows for fast switching of the polarization sense was added. Upgrading of the software for both the radar and scattering systems continued. Documentation of the radar system was brought up to date. A report describing the scattering facility was prepared.

Several papers were presented at conferences. Considerable effort was made to explore possible outside interest in the use of NRC expertise in polarization work. Presentations were made at universities and to researchers from other research institutions and favorable interest was shown.

■ J.B. CAMPBELL

Numerical Analysis

Dielectric Scattering

A study was made of the physical theory of the problem of scattering of electromagnetic waves by dielectrics and, also, of numerical techniques which can be applied to the problem.

The particular approach under study was the reduction of the problem to the solution of a Fredholm integral equation. The solution of Fredholm integral equations is a well-studied problem so the research was mainly in applying these studies to the present problem.

Poisson's Equation in a Toroidal Region

A nine-point difference approximation to Poisson's equation in cylindrical coordinates with axial symmetry was solved by the fast Fourier transfer method. Numerical results indicated that the difference approximation produces results which are almost as accurate as the corresponding approximation for rectangular coordinates.

Modified Bessel Function of the Third Kind

An efficient method was determined for approximating the order for which overflow occurs in the determination of Bessel functions $K_\mu(x)$ and $e^x K_\mu(x)$ by forward recurrence. A linear spline was used for this purpose.

■ S. KASHYAP – S.R. MISHRA

■ Electromagnetic Compatibility

The anechoic chamber, the TEM cells, and the open-field test site facilities were made available to various users. Some typical examples are listed below.

Three antennas were received from the Communication Security Establishment of the Department of National Defence for calibration in the 30–1000 MHz range. The 2.74 m × 2.74 m × 5.48 m TEM cell, the absorber-lined chamber, and the rooftop open-field range were all used for this job. The HP-8510 network analyzer was used for measurements in the absorber-lined chamber and at the open-field range. An automated version of the old HP-8554B manual spectrum analyzer was used for measurements in the TEM cell. A number of other antennas were calibrated for other clients in a similar way.

A number of paging receivers were tested for emission and sensitivity for a local company. For testing sensitivity a 15 cm × 22.5 cm × 45 cm TEM cell made in the DEE Development Workshops was used. Comparison was also made with the measurements made in a bigger TEM cell as well as those made in the absorber-lined chamber and at the open-field test site. The paging receivers operated at 146, 169, or 470 MHz. The pagers must also meet certain emission specifications and were tested in the absorber-lined chamber and at the open-field test site. A calibrated antenna and a field strength meter (or a spectrum analyzer) were used for the purpose. The spectrum analyzer was found to be easier to use since the field strength meter was cumbersome to tune at various required frequencies.

The needs of various government departments and industries were met and work was also done to meet the objectives of developing a comprehensive methodology for EMC measurements. Some typical examples are listed below.

The feasibility of making shielding effectiveness measurements with a dual TEM cell (Fig. 5) and a split TEM cell was investigated. A number of samples of different shielding properties were measured with the two TEM cells. It was found that the use of the dual and split TEM cells imposes a number of constraints and the results obtained with them are generally different from those obtained by following MIL-STD-285. Varying contact resistance, possible leakage, and differences in the E-field orientation are some

of the factors affecting the measurements. Further work needs to be done to correlate measurements done by different methods.

In an effort to find better transmitting antenna configurations for determining electromagnetic susceptibility, an extensive measurement program has been initiated. It involves the determination of three-dimensional distribution of electromagnetic fields in an absorber-lined chamber. Source antennas include monopoles, dipoles, and loops as well as broadband antennas such as log-periodics and biconicals. The amplitude and phase of the fields are measured by using electrically small probes (dipole or shielded loop) mounted on a carriage capable of positioning the probe anywhere in a 2 m × 2 m × 2 m volume. The probe carriage is made entirely of wood and other low permittivity materials. Figure 6 shows a view of the absorber-lined chamber and the probe carriage along with the coordinate system.

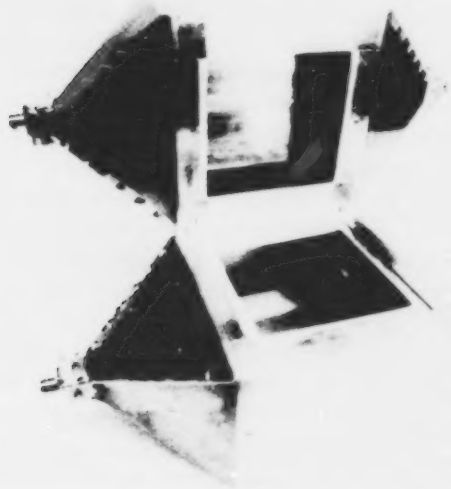


Figure 5 A TEM cell for measuring shielding effectiveness, built in DEE Development Workshops.

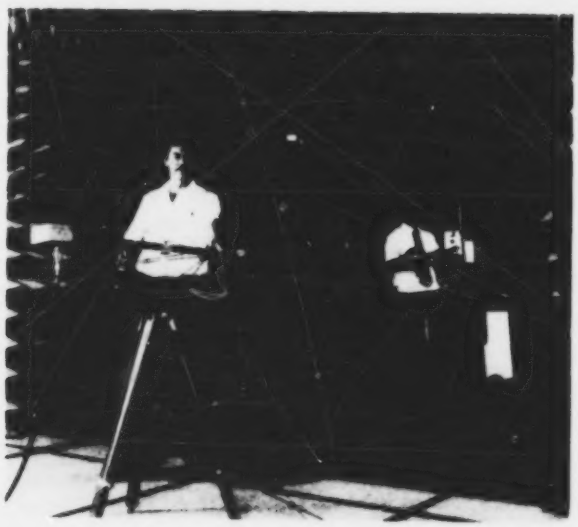


Figure 6 Absorber-lined shielded chamber for EMC studies. A three-axis computer-controlled positioner probes em fields.

The measuring instrumentation consists of an HP-8510 automated network analyzer system. The probe positioner is driven by three stepper motors controlled by a Daedal controller. A desktop computer system (HP 9000-236) is used for data acquisition and communication with the network analyzer and position controller over the IEEE-488 bus. Very interesting results on the structure of fields inside an absorber-lined chamber, especially near resonance, were obtained. Results of this investigation will be submitted for presentation at various EMC symposia.

To improve the accuracy of antenna factor measurements, use of time domain gating techniques for reducing errors caused by spurious reflections is also being investigated.

■ Antenna Design and Development

■ S.R. MISHRA – R. BALABERDA – J. HAZELL[1]

As in past years assistance was provided to universities, government departments, and private companies. A total of 124 measurement-days of service were provided. In the area of assistance to universities, instruction and practice were provided to students from the University of Ottawa, Ottawa, Ontario, and the

[1]Transferred to the Space Division, National Research Council of Canada, January 1987.

Royal Military College, Kingston, Ontario. Measurements on inter-antenna coupling were carried out in a joint project with Concordia University, Montreal, Quebec. Antennas developed by Carleton University, Ottawa, Ontario, were also tested.

Service was provided to several government departments.

For the Department of National Defence, a pattern measurement program was completed for the CH-135 tranline antenna. Initial measurements for zigzag antenna were also taken. Patterns were also measured for different omni antennas. As well, an extensive measurement program was undertaken related to installation of EW antennas on Challenger aircraft using a full-scale mock-up of the nose cone section.

Specialized antennas were tested for pattern data for the Royal Canadian Mounted Police. For Transport Canada, pattern and gain measurements were carried out for secondary surveillance antennas for airport radars.

Proprietary antennas were tested for many private companies. These companies include Canadian Marconi, Canadian Astronautics Ltd., Cronamar Ltd., Mactra Ltd., Parabolics, and Tiltek. Antennas tested include array antennas for MLS, SLAR, parabolic dish antennas, and other specialized antennas for telephone, radar, and communication applications.

The software for data acquisition and data processing continues to be updated on an ongoing basis. Several organizations have shown interest in obtaining the developed software for use in their antenna measurement systems. Post-processing software now includes provision for plotting contours and pseudo color maps of antenna patterns on rectangular and polar charts.

The newly acquired HP-8510 network analyzer has been integrated in the antenna measurement system. Extensive measurements were made to exploit its time domain gating abilities for multipath error reduction.

The 8th Annual Meeting of the Antenna Measurement Techniques Association was hosted by NRC in collaboration with the David Florida Laboratory of the Department of Communications. Over 250 delegates from many different countries participated and appreciated the organization of the conference. A record number of technical papers (over 50) were presented and a number of companies exhibited antenna and RCS related hardware, software, and services.

Pulse Distortion in Optical Fibers

■ L.Y. Shih

This project to model the distortion of ultrashort optical pulses in a nonlinear circular fiber was initiated in December 1985. Its motivation was described in the previous issue of the *Bulletin of the Division of Electrical Engineering* (Vol. 2, No. 6).

The work may be described in two parts: In the first part, evolution of the ultrashort optical pulse propagating in a nonlinear dielectric fiber was investigated with the third-order dispersion and damping effects neglected. A complete set of analytic solutions for the optical soliton was obtained. A computer simulation was also performed to explore the evolution of a soliton profile as the input pulse is subject to various conditions of the initial phase. The numerical results indicate that the self-steepening effect of the pulse leads in one case to an eventual shock formation and in the other is overcome by some more dominant effect in the later stage. It was also observed that asymptotic change of the phase over its initial value varies linearly with respect to the longitudinal distance along the fiber, while a fluctuation of the phase originates from the location of the envelope peak and extends over the trailing edge of the pulse. A manuscript to report this part of the work has been submitted for external publication.

In the second part, we proposed to study the effect of third-order dispersion. The work is still underway.

RECENT PAPERS — ELECTROMAGNETIC ENGINEERING SECTION

Published

- ☐ ALLAN, L.E., ANTAR, Y.M.M., AND HENDRY, A. Facility for measurements of the electromagnetic backscattering matrix elements of a single body. NRC/ERB-990, May 1986. 33 pages. NRC 26138.
- ☐ ANTAR, Y.M.M., AND ALLAN, L.E. Backscattering characteristics of dielectric targets at 9.6 GHz. Proceedings of the AP-S International Symposium 1986, Antennas and Propagation, Philadelphia, PA. June 8–13, 1986. Vol. 1, pp. 297–300. NRC 25511.
- ☐ ANTAR, Y.M.M., AND HENDRY, A. Electromagnetic correlation in two-channel radar systems: Theory and measurement at linear polarization. Proceedings of the Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics (ANTEM), Winnipeg, Man. August 13–14, 1986. Chapter I, pp. 1–10. NRC 25999.
- ☐ ANTAR, Y.M.M., AND HENDRY, A. Theory and measurements of electromagnetic correlation in two-channel radar systems. Electromagnetics. In press.
- ☐ AYER, J. NRC offers phase-change, single-axis, PV array tracker development for further assessment. Photovoltaics Tech. 2(2): 1; 1985.
- ☐ AYER, J. Measurement of dielectric constant at rf and microwave frequencies. RF Design, April 1987.
- ☐ BALABERDA, R., AND HAZELL, J. Radiation pattern measurements of a TRANLINE antenna on a scale model of the CH-135 Bell helicopter. NRC/ERB-991, July 1986. 158 pages. NRC 26491.
- ☐ BALABERDA, R., AND MISHRA, S.R. On the use of HP-8510 network analyzer for antenna pattern measurements. Proceedings of the Annual Symposium of Antenna Measurement Techniques Association, Ottawa, Ontario. September 23–25, 1986. pp. 13–17. NRC 26099.
- ☐ CAMPBELL, J.B. Some results for the computation of the modified Bessel function of the third kind. NRC/ERB-1004, March 1987. 8 pages. NRC 27482.
- ☐ CAMPBELL, J.B. Numerical solution of Poisson's equation in a toroidal region with a rectangular cross section. NRC/ERB-1005, March 1987. 18 pages. NRC 27483.
- ☐ HENDRY, A., AND ANTAR, Y.M.M. Measurements of orientation and shape factors of precipitation from sequential observations at linear and circular polarizations. Proceedings of the 23rd Conference on Radar Meteorology, Snowmass, CO. September 22–26, 1986. Vol. 1, pp. 66–69. NRC 25785.
- ☐ HENDRY, A., ANTAR, Y.M.M., AND MCCORMICK, G.C. On the relationship between the degree of preferred orientation in precipitation and dual-polarization radar-echo characteristics. Radio Sci. 22(1): 37–50; 1987. NRC 27725.
- ☐ HUNT, F.R. Electromagnetic susceptibility measurements with a TEM Cell. NRC/ERB-992, July 1986. 19 pages. NRC 26464.
- ☐ KASHYAP, S. Microwave thawing of frozen blood plasma. Proceedings of the 21st Microwave Power Symposium, Memphis, TN. July 28–30, 1986. pp. 99–100. NRC 27726.
- ☐ KASHYAP, S. Shielding effectiveness measurements with a dual TEM cell and a split TEM cell. Proceedings of the 1986 IEEE International Symposium on EMC, San Diego, CA. September 16–18, 1986. pp. 262–264. NRC 25525.
- ☐ KASHYAP, S., AND MISHRA, S.R. Characterization of antennas for EMC measurements. Proceedings of the 8th Annual Symposium of Antenna Measurement Techniques Association, Ottawa, Ont. September 23–24, 1986. pp. 213–219. NRC 26048.
- ☐ KASHYAP, S., AND STONE, S.A. Use of TEM cells and absorber-lined chambers in EMC measurements. Proceedings of Electronicom 85, Toronto, Ont. October 1985. Vol. 1, pp. 136–139. NRC 25743.
- ☐ KASHYAP, S., AND STONE, S.A. Correction factor for relating measurements made in an absorber-lined chamber to measurements made at an open-field site. Proceedings of the 1986 IEEE International Symposium on EMC, San Diego, CA. September 16–18, 1986. pp. 362–365. NRC 25526.
- ☐ KASHYAP, S., AND WYSLOUZIL, W. Single sided microwave applicator for sealing cartons. J. Microwave Power, 20(4): 267–272; 1985. NRC 25444.

- ☐ KASHYAP, S., AND WYSLOUZIL, W. New inductive applicators for electromagnetic hyperthermia. J. Microwave Power Electromag. Energy, 22(1): 13–18; 1987. NRC 27429.
- ☐ KISHK, A.A., ANTAR, Y.M.M., SHAFAI, L., AND ALLAN, L.E. Electromagnetic scattering from dielectric bodies of revolution: Theoretical and experimental results. Proceedings of the Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics (ANTEM), Winnipeg, Man. August 13–14, 1986. Chapter II, pp. 1–7. NRC 25718.
- ☐ SHIH, L.Y. Self-focusing of laser beams in a non-circular fiber. Wave Motion, 8(4): 341–348; 1986. NRC 25548.
- ☐ WYSLOUZIL, W., AND KASHYAP, S. Heating patterns for an array of 915 MHz rectangular waveguide applicators. Proceedings of 21st Annual Symposium on Microwave Power, Memphis, TN. July 28–30, 1986. pp. 101–102. NRC 27727.

Presented

- ☐ ALLAN, L.E., AND ANTAR, Y.M.M. Radar backscatter measurements on some vegetation samples. 1986 National Radio Science Meeting, URSI, Philadelphia, PA. June 8–13, 1986.
- ☐ ANTAR, Y.M.M. Radar polarization studies of precipitation and backscattering characteristics of single targets. Seminar, Electrical Engineering Department, University of Waterloo, Waterloo, Ont. June 27, 1986.
- ☐ ANTAR, Y.M.M. Application of polarization radar techniques to atmospheric precipitation studies. Department of Meteorology, McGill University, Montreal, P.Q. November 28, 1986.
- ☐ BALABERDA, R., AND MISHRA, S.R. Improved time domain gating technique for antenna measurements. 1986 IEEE AP-S International Symposium and URSI Radio Science Meeting, Philadelphia, PA. June 9–13, 1986.
- ☐ GERIG, L.H., HAUDEROWICZ, Z., DANJOUX, C.E., MORTIMER, A., AND KASHYAP, S. Thermal mapping in vivo and in vitro for microwave induced hyperthermia. 34th Meeting of Radiation Research Society, Las Vegas, CA. April 12–17, 1986.
- ☐ WYSLOUZIL, W. Tutorial on fundamentals of microwave heating. Alcan Kingston Laboratories, Kingston, Ont. September 11, 1986.
- ☐ WYSLOUZIL, W. Tutorial and demonstration at "Workshop on microwave applications in the food and beverage industry." Ontario Hydro Research Division, Toronto, Ont. December 4, 1986.

Patent

- ☐ AYER, J. Voltage controlled current switch with short circuit protection. Can. Pat. No. 1,205,133. May 27, 1986.

POWER ENGINEERING SECTION

Section Head — R.J. Densley

■ Introduction

The Power Engineering Section is made up of four different groups, Precision Measurements, Dielectrics, Impulse Voltage Measurements, and Plasma Technology. Each group is associated with a particular facet of the electric power industry and consequently has slightly different objectives.

The objective of the precision measurements group is to anticipate and meet the electrical measurement requirements of Canadian industry by developing new and improved measuring techniques and instrumentation. The subject areas under study are power measurements (including distorted waveforms), voltage references to improve the accuracy of measuring ac voltages relative to a dc standard cell, calibration of various types of hardware such as instrument transformers, wattmeters, etc., and the effects of nonsinusoidal operating conditions in power systems. This group has had an impressive record for more than 25 years and its leader, Mr. W.J.M Moore, was recently awarded the 1987 Morris E. Leeds award by the IEEE for his outstanding contribution in the field of electrical measurement. His citation reads "for contributions to precise current comparators and their application to industrial measurement."

The objective of the dielectrics group is to determine the mechanisms of long-term deterioration of electrical insulation subjected to high electric stresses and from these fundamental studies develop standard accelerated aging tests which will be acceptable to and used by industry. The difficulty of such tests is that the various stresses on the insulation contribute synergistically to the aging processes with the result that, unless the test parameters are carefully selected, the laboratory-induced aging is not representative of that occurring in service. The form of deterioration is dependent on the material and the environment to which it is exposed, e.g., the study has shown that the mechanisms of aging of polymer-insulated high voltage cables are very different depending on whether the cables operate under dry or wet conditions.

The objective of the impulse voltage measurements group is to advance the state-of-the-art in high voltage impulse measurements relevant to industry in order to contribute to national and international standards and to provide a service to industry. For the past ten years this group has been applying digital techniques to improve the measurement of conventional impulses used in the power industry and to upgrade the relevant IEC and CSA standards. In addition to this, over the last five years, a study of ultra-fast impulses has led to the development of wide-band magnetic and electric field sensors having a response time of less than 500 ps making them suitable for lightning electromagnetic pulse (LEMP) and nuclear electromagnetic pulse (NEMP) work. This study has also successfully developed numerical models for LEMP, NEMP, and nonlinear power supplies for lasers. The work on the ultra-fast impulses will be expanded in the coming year to include electromagnetic interference (EMI) and electromagnetic compatibility (EMC).

The objective of the plasma technology group is to keep abreast of the latest developments in plasma technology and provide unbiased expertise to industry involved in research projects on this subject.

■ Power and Energy Measurements

■ W.J.M. Moore – E. So – R. Arseneau – P.S. Filipski – P.N. Miljanic[1] – L.S. Czarnecki[2] – B. Cassidy – J. Zelle – L. Sabourin – D. Rocheleau – D. Angelo – D. Bennett

Work is continuing on improving the operation of the power bridge and extending its capabilities. A new transconductance amplifier employing current comparator techniques is being developed. A new digital waveform generator has been designed and is undergoing test.

[1]Temporary Assistant from Institut Mihailo Pupin, Belgrade, Yugoslavia, from June 1986 to February 1987
[2]Visiting Research Officer from Politechnika Slaska, Gliwice, Poland, from October 1984 to September 1986.

The calibration of a single phase nonsinusoidal test system has been completed. The software has been written to permit the use of the system as an automatic calibrator for sinusoidal test conditions.

A study of the accuracy under nonsinusoidal conditions of time-division active power transducers, commonly used by utilities, has been completed. It showed that transducers optimized for sinusoidal conditions can exhibit unpredictably large errors in certain nonsinusoidal situations.

Work to increase the frequency bandwidth of a standard time-division wattmeter has started.

A new three-phase test system for revenue meters capable of generating nonsinusoidal voltages and currents has been developed. The system consists of six computer-controlled arbitrary waveform generators, three voltage amplifiers, three current amplifiers, and three time-division wattmeters.

Preliminary tests with distorted waveforms have resulted in errors of less than 2% for energy meters. However, errors as high as −35% were observed during the tests of kVA demand meters, bringing into question their usefulness as revenue meters. Some revenue meters under test with the three-phase system are shown in Fig. 1. The program evaluation of revenue meters will be continued in cooperation with Canadian electrical utilities.

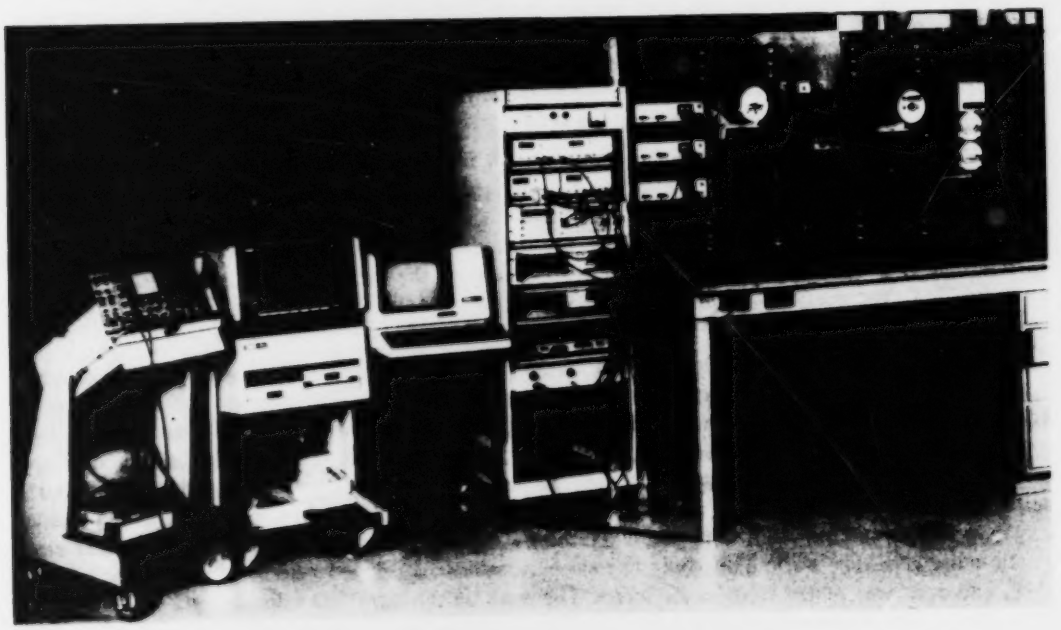


Figure 1 Three-phase test system for revenue meters.

Electronically Aided Current Transformer

A new electronically aided current transformer has been developed and four prototypes are being constructed for test by a public utility.

25-Bit Multiplying Digital-to-analog Converter

A 25-bit multiplying digital-to-analog converter (MDAC) is being developed to enhance the accuracy of the microprocessor-controlled current-comparator-based dc voltage calibrator. The 25-bit MDAC is a further development of the current-comparator-based 20-bit DAC.

Load Loss Standard

A load-loss standard employing a current comparator technique with a direct reading loss tangent (tan δ) adjustment for *in situ* calibration of transformer/shunt reactor loss measuring systems is being developed. The load-loss standard driven by the test voltage through a low-loss high-voltage compressed-gas-dielectric reference capacitor simulates an inductive load at currents up to 1000 A.

Calibrations

Fifteen test and calibration reports were issued by the Group in 1986.

■ Dielectrics

■ A. Bulinski – S. Bamji – J. Densley – P. Robert – T. Grünwald

The study of various aspects of deterioration processes in high voltage polymeric insulation operating under wet or dry conditions is continuing.

Wet Conditions

Studies of field-aged cables and laboratory samples tested in a wet environment have focused on the effect of oxidative stability of the polymer on its resistance to water treeing. Differential Scanning Calorimetry (DSC), Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy, and UV Absorption Measurements were used in these studies. Initial results showed that the measurement of the oxidative stability was not repeatable and the critical factors which affected this repeatability were the configuration and preparation of the specimens. A test technique has been developed which eliminates this experimentally induced error and much smaller specimen masses than those suggested in the literature (down to 0.3 mg) were successfully used, allowing the actual probing of single water trees. It is hoped that these measurements will reveal why, among many water trees observed in cable insulation, only a few lead to breakdown and what are the conditions which precede the initiation of the breakdown process in the vicinity of a particular water tree.

Laboratory studies of the effect of thermal aging of lengths of high voltage cables in different ionic solutions indicate that ions react with the antioxidant of the insulation. Products of those reactions are probably water soluble and the whole process leads to the depletion of antioxidant from the insulation. The use of metal deactivators should slow down or even stop this process. Initial results with a commercial metal deactivator are encouraging.

Thermal aging of cable insulation prior to electrical aging significantly increases water tree growth confirming that the initial oxidative stability of the polymer affects its resistance to water treeing. This problem will be studied in more detail under a joint project with the Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ).

Alternating current accelerated aging tests have been performed on the same field-aged cables used last year for impulse tests. The ac tests showed that the breakdown always follows from an electrical tree, initiated at either the outer surface of the cable or at the perimeter of the water tree. For impulse voltages the electrical tree always initiated at the outer surface. Once it reaches the water tree its further growth is confined to the water treed region. This pattern, shown in Fig. 2, closely resembles the type of breakdown

observed previously under impulse voltages. These results, together with those from the impulse tests, indicate that improved lightning protection practices for underground high voltage cables will prolong cable life.

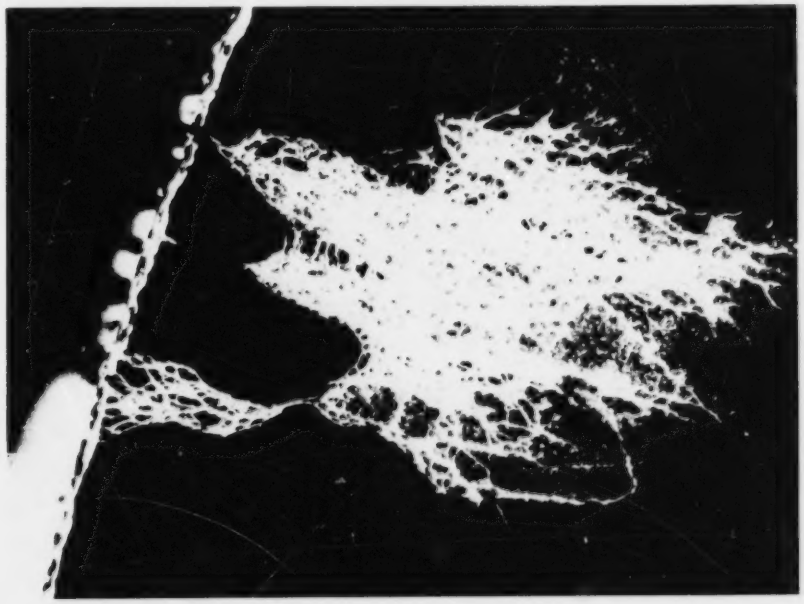


Figure 2 Alternating current breakdown of cable containing a water tree: V_{BD} = 14.8 kV, t_{BD} = 59 s.

Dry Conditions

The investigation of the light emitted during the initiation phase of electrical treeing in HV cable insulation has revealed that this light is not due to partial discharges (PD) in microvoids but due to electroluminescence (EL) caused by charge injection into the polymer. The amplitude and the spectra of the emitted light were found to be different from the light of partial discharges. Also, the phase relationship of the electroluminescence light pulses with respect to the ac waveform of the high voltage was different from that of the light of partial discharge. Low density polyethylene subjected to voltages below the light inception level did not degrade after long periods of stress application and this suggests that the light inception voltage and not the partial discharge inception voltage is the threshold voltage at which the polymer starts to degrade.

Analysis of the spectra of light emitted at points of stress enhancement revealed that this light is in the visible and near ultraviolet range. The visible light is not harmful to insulation but the ultraviolet light can cause photodegradation of the polymer. It has been shown that adding a uv stabilizer to a cable grade polymer which contains a residual amount of oxygen prolongs the time to tree inception by almost two orders of magnitude. The role of various stabilizers such as absorbers, quenchers, and radical scavengers is presently under evaluation.

■ Research on Impulse Measuring Systems

■ T.R. McComb

International Research on Impulse Measuring Systems

Work in this area has been assigned to a formal Task Force of CIGRE WG 33.03. This Task Force on Response Parameters (convenor T.R. McComb) has continued the analysis of the data gathered in the previous stage of this work and has made recommendations to IEC/TC 42/WG 7 for incorporation in IEC Publication 60-3, *High Voltage Test Techniques. Part 3. Measuring Techniques.* Work has started to establish a suitable transfer standard for HV impulse measurements with contributions from NRC, the National Physical Laboratory and the Central Electricity Research Laboratory, United Kingdom, and Physikalisch-Technische Bundesanstalt, West Germany.

Use of Digital Equipment in High Voltage Laboratories

The cooperative project involving the Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ), Ontario Hydro, and NRC is continuing. Work in the past year has concentrated on the development of calibration techniques which help the user to exploit the advantages of digital recorders. Further work has been performed on evaluating the electromagnetic compatability of digitizers in the HV impulse environment.

Standards

Work is continuing on the revision of IEC Publication 60, *High Voltage Test Techniques*, with NRC participation in WG 7, Revision of IEC Publications 60-3 and 60-4, and WG 8, Digital Recorders. An extensive revision of IEC Publication 60-3 has been prepared and will be presented to IEC/TC 42 in October 1987. A draft standard on digital recorders has also been prepared and will be presented to IEC/TC 42 in October 1987.

Contributions are being made to the IEEE Committee on Digital Techniques in Electrical Measurements (a Subcommittee of the Power System Instrumentation and Measurement Committee) and to the IEEE Committee on Waveform Measurement and Analysis. Studies of the dynamic performance of digital waveform recorders are being made.

The National Research Council has participated in the revision of the Canadian Standard B72-1960, *Code for the Installation of Lightning Rods*. This revision is in the process of being published.

Aid to Industry

In response to requests from industry, advice has been provided on reducing electromagnetic interference in a variety of prototype systems and on lightning protection.

Lightning Research

The National Research Council is participating in a Canadian Electrical Association project to measure lightning ground flash densities in Canada.

■ Ultra-fast Impulses

■ A.S. Podgorski – J. Dunn

During the past year unique capabilities were developed in the area of modeling and measurements of Electromagnetic Pulse (EMP) phenomena. The newly developed capabilities improve our understanding of EMP processes and their effects on electronic and electrical equipment. This in turn should permit the

development of better, cost-effective design practices for HV and electronic systems and better EMP protection.

Lightning Electromagnetic Pulse

The present knowledge of the lightning threat is based on lightning current measurements at tall towers and flying aircraft or on measurements of the radiated electromagnetic fields generated by lightning. Data from each of these sources, when used to estimate the lightning current parameters such as peak current, peak rate of rise, or integral of the pulse, result in each parameter varying over a wide range. Research begun in 1984 resulted in the formulation of a unified set of parameters describing the lightning measured at towers and aircraft and defined through measurements of electromagnetic fields generated by lightning current. The new set of lightning parameters was obtained from the lightning current measurements conducted at the 553-m-tall CN Tower in Toronto and compensated for the presence of the tower.

The lightning current measurements were made with a new measuring system developed at NRC, featuring a modified Rogwoski coil (shown in Fig. 3), an analog fiber-optic link, a wave digitizer, and a microprocessor for control and storage of data. The total response time of $\leq$50 ns was accomplished in a system that had a total systematic uncertainty of 40 parts per thousand.

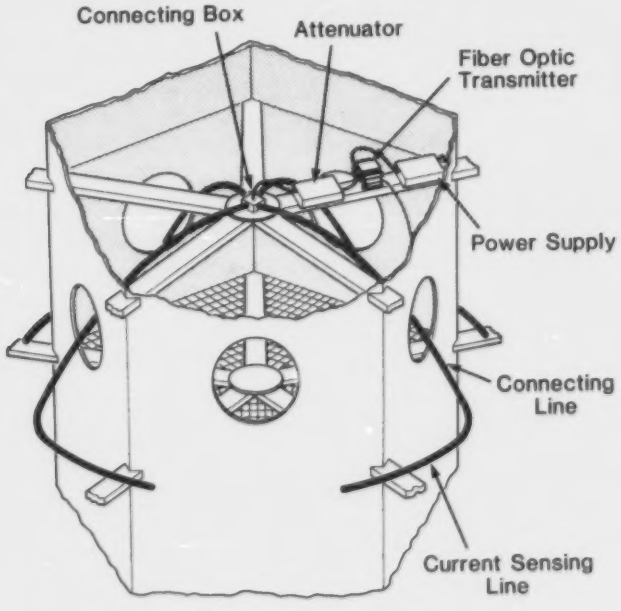


Figure 3 Lightning current measurement installation at the CN Tower in Toronto.

The modeling of lightning presents a difficult task due to the large scale variation of the physical lightning processes. The linear dimensions of the lightning system consisting of clouds, lightning channel, and possible lower ionosphere are in the order of tens of kilometres, while the quantitative modeling of corona activities requires the description of microscopic events. A new three-dimensional time domain model of lightning was proposed, which incorporates the actual three-dimensional geometry of the lightning and is

based on a numerical solution of the general Maxwell's equations. The proposed model constitutes a great improvement over the previously used models based on transmission line approximations. The new model permits the modeling of channel branching and channel elongation and simulates the nonlinear effects during the attachment process. The validation of the proposed model showed good agreement between the measured and computed current wave-shapes. Details such as the risetime, the effects of the attachment process, the ground reflection, the length of the lightning channel, and the height of the attachment region are all correctly predicted by the model.

Electromagnetic Pulse Protection

Numerical capabilities have been developed which make possible a three-dimensional time domain estimation of lightning and nuclear EMP threat to a whole communication system consisting of an antenna, antenna feed, protective network, and an input filter. The new computational capabilities will be useful for the design of EMP protection and for the assessment of the failure probability before a full threat EMP test.

Electromagnetic Pulse Measurements

During the past year significant improvements have been made in the development of EMP measurement systems. The maximum frequency of the wide band magnetic field and current sensors was increased from 300 MHz to 3.5 GHz. A new 10 GHz Mach–Zender travelling wave interferometer was developed in cooperation with the Photonics and Sensors Section of the Division of Electrical Engineering and the Laboratory of Microstructural Sciences of the Division of Physics. It is expected that future improvements should increase the maximum frequency of the electric and magnetic fields sensors to greater than 6 GHz. This should decrease the response time of the measuring systems to less than 100 ps.

RECENT PAPERS — POWER ENGINEERING SECTION

Published

- ☐ Arseneau, R., and Zelle, J. A ppm accuracy instrument for ac voltage measurements. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg, MD. June 23–27, 1986. pp. 228–229. NRC 27441.
- ☐ Bamji, S.S., Bulinski, A.T., and Densley, R.J. The role of polymer interface during tree initiation in LDPE. IEEE Trans. Electr. Insul. EI-21(4): 639–644; 1986. NRC 26476.
- ☐ Bamji, S., Bulinski, A., and Densley, J. Near UV emission during electrical tree initiation in LDPE. Proceedings of the 1986 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Claymont, DE. November 2–6, 1986. pp. 391–397. NRC 27442.
- ☐ Bamji, S.S., Bulinski, A.T., and Densley, R.J. Evidence of near-ultraviolet emission during electrical-tree initiation in polyethylene. J. Appl. Phys. 61(2): 694–699; 1987. NRC 26916.
- ☐ Brown, W.G. Basic theory and economics of 3-phase AC plasma reactors. Proceedings of the International Conference on Plasma Science and Technology, Beijing, China. June 4–7, 1986. pp. 266-272. NRC 27443.
- ☐ Bulinski, A.T., Bamji, S.S., and Densley, R.J. The effects of frequency and temperature on water tree degradation of miniature XLRE cables. IEEE Trans. Electr. Insul. EI-21(4): 645–650; 1986. NRC 26477.
- ☐ Filipski, P. System for testing wattmeters under nonsinusoidal conditions. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg, MD. June 23–27, 1986. pp. 21–22. NRC 27444.
- ☐ Filipski, P. The systematic errors of a time-division power converter under sinusoidal and nonsinusoidal conditions. IEEE Trans. Power Delivery, PWRD-1(3); 61–67; 1986. NRC 26985.

- ☐ Filipski, P. Discussion on "A new static VAR compensator for an arc furnace." by M.D. Cox and A. Mirbod. IEEE Trans. Power Syst. PWRS-1(3): 120; 1986. NRC 27805
- ☐ Garton, A., Bamji, S.S., Bulinski, A.T., and Densley, R.J. Oxidation and water treeing in XLPE cable insulation. Proceedings of the 1986 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Claymont, DE. November 2–6, 1986. pp. 404–410. NRC 27450.
- ☐ Garton, A., McLean, P.D., Wiebe, W., and Densley, R.J. Exposure of cross-linked epoxy resins to the space environment. J. Appl. Polym. Sci. 32: 3941–3957; 1986. NRC 25966.
- ☐ Kothe, R., Bamji, S., Bulinski, A., and Densley, J. Impulse life tests on field aged XLPE cables containing water trees. Proceedings of the 1986 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Washington, DC. June 9–11, 1986. pp. 37–40. NRC 27445.
- ☐ Kuffel, J., McComb, T.R., and Malewski, R. Comparative evaluation of computer methods for calculating the best fit sinusoidal to the digital record of a high purity sine wave. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg, MD. June 23–27, 1986. p. 252–253. NRC 27448.
- ☐ Landheer, D., Podgorski, A., Chrostowski, J., and Buchanan, M. Integrated electro-optic modulator for ultra-high-frequency electric field sensing. Proceedings of the SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Science and Engineering Quebec, P.Q. June 2–6, 1986. NRC 26543.
- ☐ Podgorski, A.S., and Landt, J.A. Three dimensional time domain modelling of lightning. IEEE Trans. Power Appar. Syst. In press.
- ☐ Podgorski, A.S., and Podgorski, E.M. Lightning and EMP protection at HF and VHF antennas: numerical simulation. 1986 International Telecommunications Energy Conference, Toronto, Ontario. October 19–22, 1986. pp. 433–436.
- ☐ So, E. The application of the current comparator in instrumentation for high voltage power measurements of very low power factors. IEEE Trans. Power Delivery, PWRD-1(1): 98–104, 1986. NRC 25493.
- ☐ So, E. A microprocessor-controlled current-comparator-based dc voltage calibrator. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg, MD. June 23–27, 1986. p. 314. NRC 27448.

Presented

- ☐ Bamji, S., Bulinski, A., Densley, J., and Kothe, R. Impulse breakdown of XLPE cable insulation containing water trees. 24th Annual Cage Club Meeting, IREQ, Varennes, P.Q. May 12–13, 1986.
- ☐ Bamji, S., Bulinski, A., and Densley, J. Electrical tree inception tests using needle-plane electrodes — the effect of sample preparation. Meeting of the CIGRE Working Group on Solid Dielectrics, Paris, France. September 1, 1986. (Presented by H. St.-Onge, IREQ.)
- ☐ Bulinski, A. Effect of water treeing on cable BIL and lightning protection. Workshop on Lightning Protection of Underground Cables, University of Connecticut, Storrs, CT. December 3–4, 1986. (Invited.)
- ☐ Bulinski, A. Effect of water treeing on cable BIL and lightning protection. Workshop on Lightning Protection of Underground Cables, University of Connecticut, Storrs, CT. December 3–4, 1986. (Invited.)
- ☐ Densley, R.J. Recent experiments in water treeing. 1986 Gordon Conference on Dielectrics, Plymouth, NH. July 28 – August 1, 1986. (Invited.)
- ☐ Podgorski, A.S. Instrumentation for measurements of lightning CN Tower interaction. 23rd Annual Cage Club Meeting. Royal Military College, Kingston, Ont. May 27–28, 1985.
- ☐ Podgorski, A.S. Three dimensional time domain modelling of lightning. 24th Annual Cage Club Meeting, IREQ, Varennes, P.Q. May 12–13, 1986. (Invited.)
- ☐ Podgorski, A.S. Modelling of lightning structure interaction. 1986 International Aerospace and Sound Conference on Lightning and Static Electricity, Dayton, OH. June 24–26, 1986.
- ☐ Podgorski, A.S. Lightning and NEMP protection. TLG-3 Symposium on EMP effects, London, England. October 20–22, 1986.

LABORATORY FOR INTELLIGENT SYSTEMS

Laboratory Head — M.M.C. Collins

COMPUTING TECHNOLOGY SECTION

Section Head — N. Burtnyk

■ Introduction

The research activities of the Computing Technology Section are guided by our longer term goal towards the development of autonomous systems for advanced automation. These activities are being pursued in three complementary areas: multiprocessor architectures for realtime computing, sensor-based robotics, and computer vision.

Work reported in the previous *Bulletin of the Division of Electrical Engineering* (Vol. 2, No. 6) under the heading computer graphics, principally in support of the simulation workstation for robotics, has now been completed or reorganized to more directly support efforts in robotics and computing architectures.

The work on multiprocessor architectures for realtime computing emphasizes the development and application of the Harmony Operating System. A recent major effort has been undertaken to implement an enhanced development environment based on Macintosh workstations.

Laboratory work in sensor-based robotics has used the PUMA 560 robot in demonstrations with our three-dimensional profile scanner and a force sensing wrist for parts' acquisition and parts' insertion. A fully integrated sensor/control computing system based on Harmony/Chorus is now being realized. Included in this project is work in path planning and high-level task specification.

The effort in computer vision emphasizes processing techniques for the interpretation of range data images for three-dimensional object recognition.

■ Multiprocessor Architectures for Realtime Control

The Harmony Operating System

■ W.M. Gentleman – S.A. MacKay – R. Parr – D. Stewart – M. Wein

Work has continued on Harmony, the multitasking multiprocessor portable operating system for real-time computing. This section summarizes the effort to enhance Harmony. Applications based on Harmony are reported separately in the *Bulletin*. It should be noted that Harmony is the basis for several projects at the University of Waterloo and at Carleton University and has been distributed to over a dozen industrial users who are evaluating its potential in new products and to an equal number of university laboratories for use in a research environment. In addition, there are already several industrial products that incorporate Harmony.

Release 2.0 of Harmony

Release 2.0 of Harmony was completed in August 1986 and has been made available to outside users. Some of the features incorporated into Release 2 are:

1. A Software Maintenance Documentation Scheme has been introduced to document enhancements and bugs.
2. A series of Application Notes has been started to provide information on topics of interest to Harmony programmers. Examples of these are "Debugging Harmony Programs" and "What is a Server?"
3. The system was modified so that it could be placed in ROM, i.e., the system can be in ROM and the applications programs linked at other times could optionally use the ROM-based system. As well, the functionality was extended to a wider range of servers.
4. There is now full support for the Motorola family of processors: 68000, 68010, and 68020. That is, these processors are supported in the system, in the debugger, and in the tools "bound" and "examine."
5. There are substantial enhancements to the debugger. Further evolution of the debugger will continue in later releases.
6. The design of the connection mechanism has been extensively revised so as to eliminate common pitfalls that resulted in deadlocks in user written servers and to extend its functionality to a wider range of servers.
7. A TCP/IP Ethernet server was included in the release. A corrected version of the server became available subsequently and is available on request.

The Harmony User's Manual has been revised, becoming available in April 1987.

Development Environment

The development environment for Harmony is being moved to networked Apple Macintosh workstations (currently Macintosh Plus, on Appletalk network, running third party file sharing software). The environment offers many significant advantages for both program development and for preparing ancillary documentation. One consequence of the move to the Macintosh is a change from text-based software development to graphics-based development. An important component is the existence of an excellent multi-window program editor that permits working with a large number of program files. Any one file window, as shown in Fig. 1, can be rapidly expanded to full screen for editing, split for viewing two sections of the same file, and then collapsed back to its small tile on the screen.

The second component is the ability to display the contents of several directories on the screen (Fig. 2). Both of these facilities help in working with a large number of files in several directories, which is typical when writing Harmony applications. Equally significantly, the low cost of the workstation and software makes it attractive as a development tool for Harmony target systems.

Multidevice Emulator

Realtime industrial systems usually require elaborate operator consoles for command and status information. Development costs for these consoles are usually high, absorbing a significant portion of the cost of a typical project.

A Multidevice Emulator Package was developed to simplify the design and implementation of typical operator consoles by taking advantage of the integrated and graphical nature of the Macintosh.

A set of device classes was defined as follows: text window; form, consisting of radio ("push") buttons, check boxes, text, and numeric boxes (exemplified by the window CONTROL values in Fig. 3); and panel,

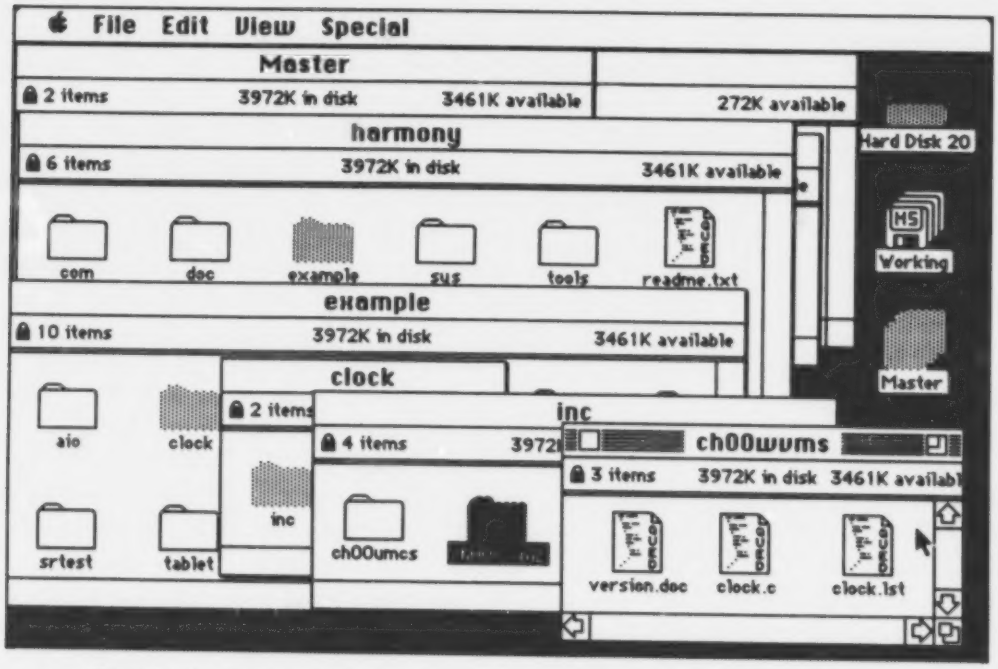


Figure 1 A part of the Harmony source tree, presented as a set of overlapping windows.

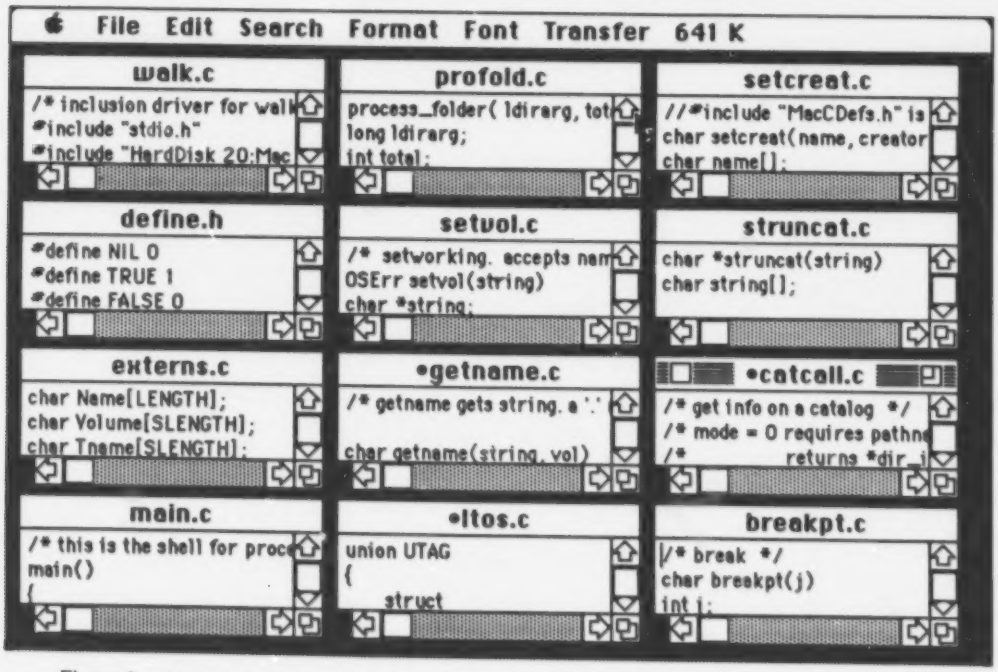


Figure 2 An application program in 12 files being edited in a multiwindow editor QUED from Paragon Courseware Inc.

consisting of dials, meters, scatter plots, barcharts, etc. All the virtual devices have both input and output capabilities. A separate utility program (roughly similar to Apple's MacDraw) permits designing interactively the console layout for an application.

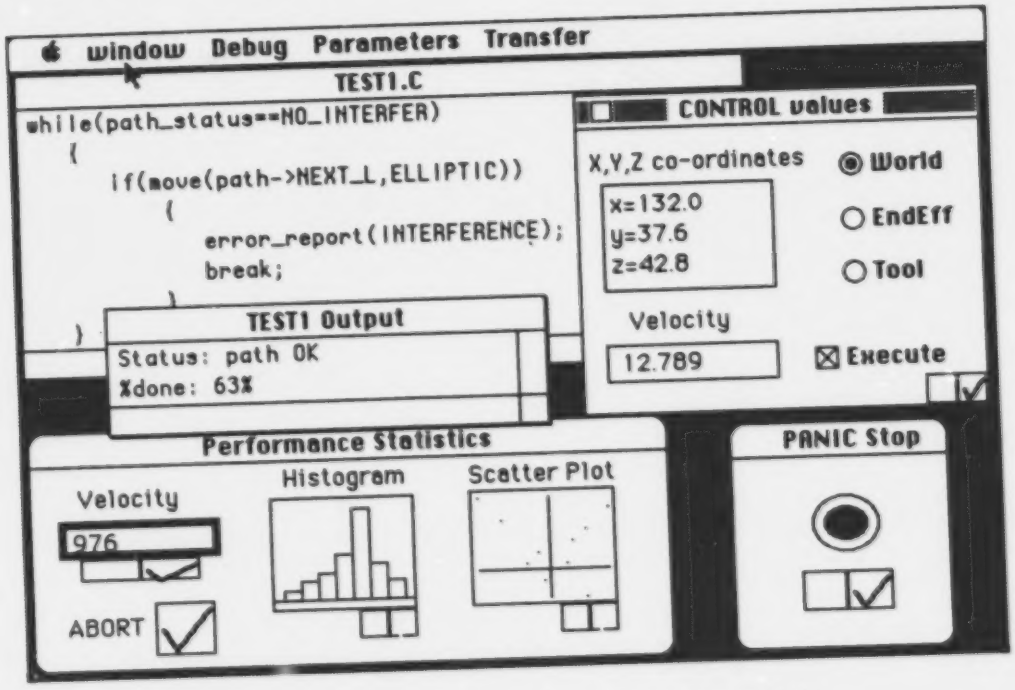


Figure 3 Multidevice emulator used as a control and status display.

The Macintosh, running the Multidevice Emulator, is connected to the Harmony system via a serial line. A packet-oriented protocol was developed to permit interleaving communication to all the instances of the virtual devices on the screen. Each instance of a device appears as a separate device to the Harmony system, such that a task opens a connection to a specific virtual device on the screen. More importantly, the Harmony-based application does not need to have any information about the position or size of the various device windows on the Macintosh screen.

The functionality of the package was defined in the Laboratory and the code was written by a software company (Microstar Software Ltd.) under contract to the Laboratory. The package is being evaluated to prove the concept and with a view to incorporating enhancements, performance improvements, and an improved error recovery scheme. The Harmony server for the MDE will be written early in the next reporting year.

■ D.A. GREEN

VMEbus Survey

The commercial offering for microcomputer products changes on a continuous basis. As part of the continuing development of Harmony, it is necessary to constantly monitor these products to determine how best to take advantage of them to improve the performance of our systems. With a few exceptions, systems running in our laboratory have been unchanged since 1983. A number of significant changes in technology have occurred since then. Among them, higher performance microcomputer systems buses have matured,

new processors with much higher performance have appeared, and new peripheral chips with improved functionality have become available. This year it was decided to upgrade our "target" machines to take advantage of these changes. We decided to acquire VMEbus processor boards employing either 68010 or 68020 processors. The bus decision was based upon product maturity, selection, and performance while the processor selection represents a natural migration of our existing software base.

To address this problem most effectively, we drew up a functional specification of a processor board and distributed it to 36 North American producers of these products. Over 20 responses were obtained from this request as well as from other direct contacts. It quickly became apparent that, while the availability of 68020-based boards was relatively limited, these products presented a significant improvement in performance at a modest increase in price over the 68010-based boards, and therefore we concentrated on them.

A number of hardware features are necessary for the current shared memory implementation of Harmony. Those features that many vendors were unable to satisfy included limitations in the address configuration of dual ported memory, limitations in the interrupt configuration, and the lack of a suitable means to generate interprocessor interrupts. In addition, some boards failed to provide sufficient I/O for our applications. In the end, we selected a board product which, while meeting all of the critical functional requirements, was very limited in its I/O capability. We hope that the choice of boards will improve with the rapid growth of the VME market.

Interim Upgrade to 68020 Processor

■ D.A. GREEN – D. STEWART

Two of the existing 68000-based Chorus machines were upgraded with 68020 processors and 68881 floating point coprocessors. The upgrade was implemented with commercial daughter boards designed for that purpose. Hardware incompatibilities were identified and had to be overcome in the design of both the daughter board and of the original processor board. The upgrade gave us experience with the new processor before 68020 boards became generally available.

Introduction of the new processors led to building and reorganizing of libraries to permit linking a program for the correct configuration. The whole exercise confirmed that the configuration control facilities that are incorporated in the software management scheme in Harmony are both powerful and convenient. This point is particularly valid as the number of possible configurations grows.

■ Computer Graphics

Workstation for Robotics Task Planning

■ D.A. GREEN – S.A. MACKAY – M. WEIN

The project to develop a workstation for robotics task planning has been terminated in the period being reported on. This summary describes the original goals and what has been accomplished.

The development of the workstation had five specific goals:

1. development of a rich user interface based on a multitasking model, using a combination of two- and three-dimensional windows
2. an interactive package for building object geometries for the robot arm and its environment in a hierarchical database
3. a near-realtime display manager for the Ikonas/Adage system for displaying hierarchies of objects using directed acyclic graph (DAG) structures
4. a software robot controller implementing arm kinematics
5. development of effective approaches to interactive task planning for applications in mechanical assembly

Resignation of one key member of the project team led to a review of the project and to a reassessment of available resources. As a consequence of the review, this activity was reorganized in accordance with priorities and resources were reallocated. Work on the software-based robot controller (Objective 4) is now a separate project. Work on the task planning (Objective 5) is being carried out as part of the ongoing work in robotics. Both are reported on separately in this *Bulletin*.

The user interface based on a multitasking model (Objective 1) was developed as a number of servers under the Harmony Operating System, including the graphics server, the input device switchboard, and the window manager. The design of the user interface forms a significant contribution towards a model for future workstations. The work was reported at the first IEEE Conference on Workstations and also at Graphics Interface '86 and ACM/SIGGRAPH 86. The model that was developed parallels one that was developed at Stanford University and both are the basis of a reference model being put forward by the ACM/SIGGRAPH Workshop on Interaction Methodologies. This work is continuing at the University of Waterloo, Department of Computer Science, as a longer term project in workstation architectures.

The display package for near-realtime display of objects in DAG structures (Objective 3) was completed and is being used at the University of Waterloo for robot simulation within the Faculty of Engineering and for studies of dynamics of human motion in the Department of Computer Science.

One ancillary activity was the design of a memory mapped bus coupler between a VME-bus-based Chorus machine and the M68000 processor in the Adage/Ikonas display processor bus. The design was essentially completed but construction was not started.

Editing Three-dimensional Data from a Laser Range Finder

■ K.B. EVANS – L. RUHLMANN[1]

This activity has been transferred to HYMARC Engineering Limited who plan to incorporate the editing abilities into the software support for their Laser Camera. The software was developed on an Adage 3000 at NRC and has been transferred to HYMARC's Silicon Graphics Iris workstation. The nature of the interactive editing process requires a nearly realtime display rate and it is anticipated that the performance advantages of the Iris will considerably enhance the process of refining the software. The need to display complex data arrays derived from the laser scanner as points, line drawings, or shaded surfaces at dynamic rates (30 frames per second) taxes the capabilities of even the best current graphics hardware. This work has been done in collaboration with the Photonics and Sensors Section of the Division, the developers of the laser range finder.

■ Sensor-based Robotics

Robot Control

PUMA 560 Control

■ D.H. O'HARA – S. ELGAZZAR

The PUMA family of robots provide an Alter mode for modifying programmed paths in real time over a 19.2 kbaud serial line from an external computer. Initial testing of this facility driven from a Harmony-based processor presented unexpected results which we were unable to resolve. By restricting operation to a single mode which provided consistent results, we have created a robot control environment which gives complete control of robot motion to the Harmony multiprocessor. Robot motions are specified in Cartesian space but may be specified with respect to either static or dynamic coordinate frames.

Prismatic Block Insertion

■ D.H. O'HARA

An experiment of block insertion guided with sensory feedback from the Instrumented Remote Centre of Compliance (IRCC) wrist sensor was performed using the modified Alter link. In this task organization

[1]Temporary Assistant from the Centre national de la recherche scientifique, Strasbourg, France, from November 1985 to September 1986.

the commercial controller is required to provide only the most primitive capability. All decisions about motion corrections and detailed specification of these are performed in the external computer. The system controller was a three-board multiprocessor running under the Harmony Operating System. Major activities in addition to robot control were sensor data processing interpretation, algorithm sequencing for the full task, and operator interface for monitoring task sequence and error recovery.

The major elements of the Harmony task structure used here provide a basis for our future work on robot controllers. It is worth noting that the robot motion sequences and sensory interpretation ran concurrently and independently of each other and only when deviations from expected sensed condition occurred were corrective motion increments superimposed on the current motion vector. This work has been documented on a video tape and a report is in preparation.

Experimental Robot Controller

■ S. ELGAZZAR – D.A. GREEN

The objective of this project is to implement a new controller for the PUMA 560 robot arm that will take full advantage of the Harmony multiprocessing system. Such a controller will provide an open platform for integrating sensory functions and will be able to react quickly and accurately to a series of changing directives.

In the past, the low-level interface had been prepared. This involved the physical removal of the LSI-11 microprocessor existing in the PUMA controller and its replacement by a parallel interface to one of the MC68000-based microcomputer boards of a Chorus machine. Some interface hardware and low-level assembly language routines have been developed that permit the communications between the Harmony multiprocessor and the individual joint processors. Also, the Harmony server "_Arm server" was developed to establish a convenient interface mechanism for the end user.

The organization of this low-level controller has been reviewed and revisions and extensions have been incorporated to better conform to the desired structure for overall system control functionality. This includes the introduction of a 68020/68881 module in one of the processors to provide a floating point hardware capability that is essential for realtime computation.

The functionality provided to date includes arm initialization and calibration, interrogation of arm status and current position, movement of one joint at a time, generation of joint interpolated motion, and generation of a controlled panic stop while moving. The capability is being extended to provide a full range of trajectory generation in Cartesian space, either preplanned or under direct sensory control.

P-Can Robot Controller

■ D.A. GREEN

A collaborative project with P-Can Robotics Inc. is now in the early stages. This project will see the design of a robot controller based directly upon our experience in the application of Harmony to the control of a robot arm. Thus far, activities have concentrated on high-level discussions of systems architecture, detailed discussions of systems hardware and software development mechanics, and the preliminary configuration of the actual systems hardware.

Wrist-mounted Profile Scanner

Profile Scanner Development

■ G.H. BECHTHOLD – D.G. TAYLOR – M.D. DUGGAN

A small rugged profile scanner has been designed to be mounted at the wrist of a robot arm. It is based on a scanning laser rangefinder. The light paths of both the transmitted beam and the returned image are illustrated in Fig. 4. The first version has been used to support the laboratory research described in the next section. For expediency, conversion of the measured range–azimuth data into the desired rectangular coordinate reference frame was performed through calibration on the robot which gave accuracies to better than 1 mm, as expected. However, preliminary measurement of range resolution during the bench

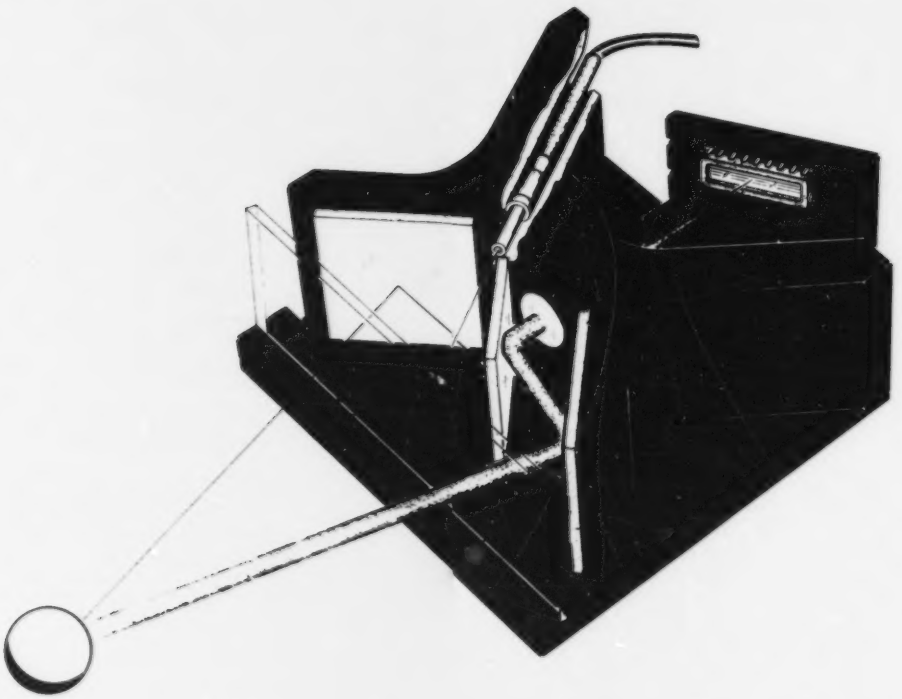


Figure 4 Functional sketch of profile scanner for robot wrist mounting. Transmitted beam and returned image path are shown. The common reflecting surface is driven by a galvonometer (not shown) to scan the target.

testing process indicated that the performance of the instrument is substantially better. The quality of the data delivered by the sensor is illustrated in Fig. 5.

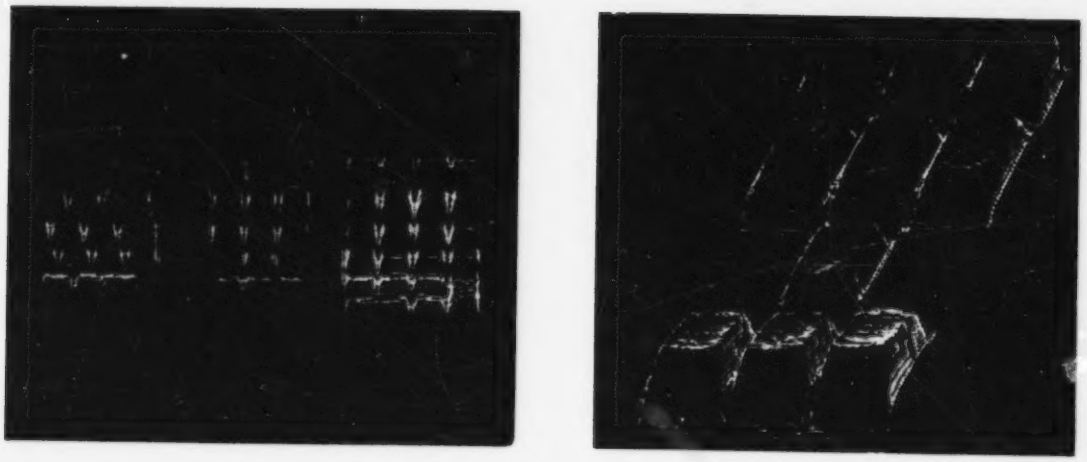
As a result of this experience, it has been decided to construct a crossed beam configuration using two scanners. Because of the relatively high data rate available from the scanner, the dual head unit incorporates a video multiplexer so the two scanners will alternately share one common set of electronics. Other improvements include a redesign of the laser mount, a new mechanical positioner for the optical-fiber coupling, a modification of the laser-fiber coupling lenses, increased laser power, and a revised optical attenuator.

Work has begun on a calibration facility which will permit the profile scanner to be accurately calibrated. This calibration process will apply all necessary corrections to the data, including the conversion of range–azimuth readings to the rectangular coordinate system. The calibrated output of the instrument will provide a pair of crossed range profiles every 80 ms with close-in accuracies better than 0.1 mm referenced to its physical base plate.

Collaboration with Servo Robot Inc. is underway to build a product prototype based on this design.

Parts Acquisition with the Wrist-mounted Rangefinder ■ G. Roth – C. Merritt

The profile scanner was mounted on the PUMA robot in order to acquire parts using our holdsite-based approach. The rangefinder was first calibrated to give direct three-dimensional coordinates relative to



(a) (b)

Figure 5 Display showing the quality of the range data obtained from scanning a computer keyboard at (a) long range, (b) short range.

the robot tool. The acquisition and processing of data to find a suitable holdsite for unknown objects uses a two-step algorithm.

The first step of this algorithm fixes the orientation of the gripper along the major axis of the part closest to the rangefinder. An intensity camera mounted overhead aids in determining this major axis by using binary vision along with the medial axis transformation. The second step moves the robot parallel to the chosen orientation to collect a number of profiles. These profiles are combined and by using our spatial planning methods a geometrically acceptable holdsite is found.

The hardware consists of a Harmony system connected to the Symbolics LISP Machine via dual-port memory. The Harmony system collects data from the scanner and moves the robot via terminal emulation and the alter mode of VAL-II. The LISP machine performs the higher level spatial planning and communicates with the Harmony system when it requires data or wants to move the robot.

The complete system has been tested on a variety of parts from screws to rings and works well. The robot is shown in Fig. 6 acquiring a bolt from a heap. It takes about one minute per part but this can be speeded up considerably by transferring all the algorithms from the LISP machine to the Harmony system.

As a step towards using the profile scanner for object recognition, a preliminary look at how to select successive viewing directions to accumulate object features from the line profile data was made in a simulated environment. Objects were modeled as simple regular polyhedra and the features extracted included surface boundaries, equations of surfaces and their normals, angles between adjacent surfaces, and lines of intersection of adjacent surfaces. The next step is to establish a more comprehensive object representation scheme that is suitable for directing the search for gathering data and verifying features that potentially correspond to the object models.

Task Planning and Programming

One of the requirements in sensor-based robotics is the ability to program manipulators at the level of task operations rather than at the level of individual motions. Such a capability becomes increasingly important as the environment in which the task is to be performed becomes more unstructured. The following areas of investigation address several aspects of the overall problem of autonomous task planning.

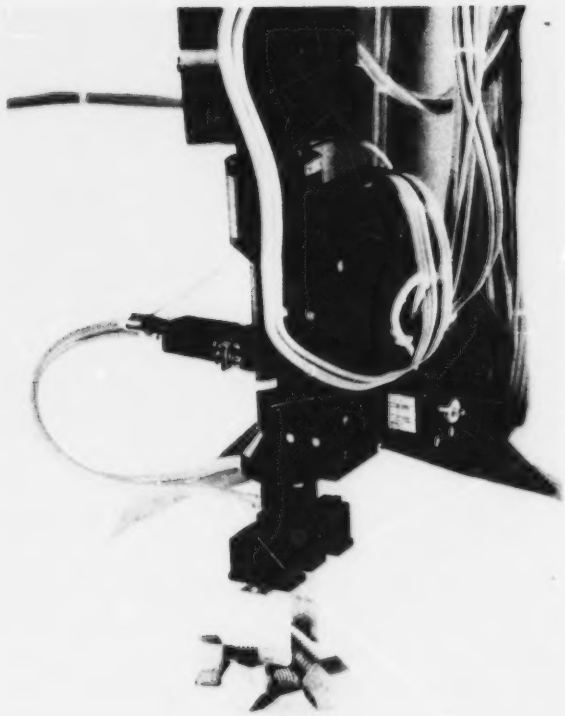


Figure 6 Robot acquiring bolt from a pile of bolts using the holdsite method.

Task Specification and Planning ■ K.B. EVANS

Work on this problem has commenced as a direct successor to the robotics workstation project.

Task specification is concerned with providing an interactive graphics-supported environment in which a nonprogrammer can specify the operations required in an assembly task. The graphics environment is also intended to provide immediate visual feedback to allow the operator to judge whether or not his intentions have been correctly interpreted. This specification is used as input to a planner which will produce an instruction stream for the sequence of actions that must be carried out to perform the task. In doing this, the planner must concern itself with how it will use sensor data to deal with uncertainties in the environment as well as error detection and recovery. At the initial stage, emphasis will be placed on having the user provide as complete a specification as possible to minimize the requirement for general reasoning ability in the planner.

Work on this project has consisted of familiarization with and formulation of the problem, and some initial experimentation with the Symbolics/robot environment on which development will be carried out.

Model-based Object Manipulation System For Spatial Reasoning ■ T.H. SHEPERTYCKI

An autonomous capability for planning collision-free trajectories requires a complete spatial model of the robot and its environment. One approach to providing this model uses a hybrid object-centered representation scheme based on generalized cylinders. As outlined in the previous *Bulletin*, such a system is being implemented within the object-oriented framework (Flavors) of the Symbolics 3600 LISP machine.

In the period under review the set of objects that can be represented has been extended to include generalized cylinders whose cross sections are open or closed irregular polygons. This extension allows the representation of objects that have no rotational symmetry about their axes. As well, both planes and lines in three-dimensional space can be represented within this same framework. This has the potential of accommodating boundary representations in future extensions.

A new flavor is also being added to specifically handle objects with circular cross sections. This will obviate the need to use multisided regular polygons which can be inefficient if many sides are needed to provide an accurate representation. All previously implemented procedures are being extended to these new classes of objects either by inheritance, method combination, or, where necessary, by new added procedures.

■ Computer Vision

Mathematical Techniques in Image Analysis

Polygonal Approximation of Planar Curves in the L_1 Norm ■ N.N. ABDELMALEK

Piecewise approximation of plane curves has several applications. In the fields of image processing and pattern recognition, it is used in feature extraction, noise filtering, and data compression. It is also used in speech recognition and numerous other fields. In the presence of spikes and wild points in a given curve, the L_1 approximation to the given curve is usually recommended over other norms, such as the L_2 or the Chebyshev norms.

In the present work, an algorithm for obtaining a polygonal approximation in the L_1 norm of a plane curve of arbitrary shape is presented. The L_1 (error) norm in any segment is not to exceed a pre-assigned value. The problem is solved by first digitizing the given curve. Then the algorithm is applied to the discrete points. The vertices of the polygonal arc are a subset of the points of the given digitized curve. The algorithm uses linear programming techniques which make it efficient and fast.

Two-dimensional Vision

Linear Textures in Line Drawings ■ T. KASVAND

Linear textures are dashed, dotted, crosshatched, or otherwise marked lines commonly found in engineering drawings, on maps, charts, graphs, etc. The textures are used to facilitate human vision. Methods are proposed for segmenting images containing mixtures of textured lines. Only the general case is studied where no *a priori* information is available on the texture elements and on the shapes and number of lines. The proposed generalized approach is very computation intensive, but nearly all of the computations are of the form for which pipe-lined, flow, and parallel processors can be designed. Thus, the methods are at least feasible in principle. Prior knowledge of the shapes of the lines or the nature of the texture elements can be used to bypass many of the computational steps, or the computations may be terminated earlier when sufficient information has become available for solving practical problems.

Two-dimensional Shape Matching for Isolated Objects ■ N.N. ABDELMALEK

An algorithm for two-dimensional shape matching for isolated objects has been developed. The object boundary in the digitized image is first obtained. A regression analysis which uses the polar coordinates of

the boundary is then formed and solved. The solution parameters characterize the object in the sense that these parameters are invariant under object rotation, translation, and size. The algorithm is based on the method proposed by Dubois and Glanz (1, 2) and Kashyap and Chellapa (3).

References

1. Dubois, S.R., and Glanz, R.H. An autoregressive model approach to two-dimensional shape classification. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. PAMI-8: 55–65; 1986.
2. Dubois, S.R., and Glanz, R.H. Correction to "An autoregressive model approach to two-dimensional shape classification." IEEE Trans. Pattern Anal. Math. Intell. PAMI-8: 561; 1986.
3. Kashyap, R.L., and Chellappa, R. Stoachastic models for closed boundary analysis: Representation and reconstruction. IEEE Trans. Inf. Theory, IT-27: 627–637; 1981.

Recognition of Flat Reflective or Transparent Objects ■ H. YAMADA[1] – T. KASVAND

A two-dimensional Dynamic Programming (DP) matching method is applied to object recognition. The top views of relatively flat objects are used. The optimally fitting shape is extracted from an input image, while allowing for a certain amount of change of length of each side of a model polygon. Information on directionality of contours is used for high performance and the cyclical property of a contour is also taken into account. The method is applied to two groups of objects: one group contains reflective metal scissors and rings and the other has transparent glass ashtrays. Both are on a relatively unconstrained background and in standard illumination.

Range Image Processing and Three-dimensional Object Recognition

Research efforts are mainly concentrated on the preprocessing of three-dimensional laser range finder images and the subsequent recognition of objects in these images under varying situations and object configurations.

Step or Jump Edge Detection by Extrapolation ■ T. KASVAND

Depth maps, range images, or images of depth $Z(X, Y)$ produced by (laser) range finder scanners contain discontinuities in the Z values where one surface occludes another. The pixel nearest to a step or jump edge may be either on the low side or the high side of the step, i.e., its value is uncertain up to the height of the step. Since the location of the jump edges is to be found, a set of likely values $F_k(p)$, $k = 1, 2, ...,$ for each pixel p within the image is obtained from k extrapolations from the neighboring pixel values. A jump edge function $J(X_i, Y_j)$ is computed from the $F_k(p)$ values, $p[(X_i, Y_j), i = 1, 2, ..., I_m; j = 1, 2, ..., J_m$; image size $= I_m$ by J_m, which is particularly sensitive to jump edges. The jump edge image $J(X, Y)$ is processed as any edge image.

Surface Curvatures in Three-dimensional Range Images ■ T. KASVAND

The extraction and recognition of surfaces in depth maps or range images $Z(X, Y)$ produced by (laser) range finder scanners usually requires the computation of surface normals and surface curvatures. By numerical simulation of the derivation procedures in differential geometry, the surface normals are used directly to compute approximations to the principal surface curvatures K_1 and K_2 and their directions at every pixel in the image. The computations are more involved than those based on surface fitting or on the direct application of formulas in differential geometry, but this approach offers more intuitive awareness of the basic principles, access to intermediate results, and also provides possibilities for computing error measures.

[1]Visiting Research Officer from the Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japan, from July 1985 to June 1986.

Segmentation of Range Image Data ■ S.H.Y. HUNG

Conventional methods for extracting edge data from range images give inaccurate measures of position of the edge, and minor edges adjacent to major ones may be badly smeared (1). As part of the studies on three-dimensional vision, a linear filter of multiple lengths has been used to overcome this problem in processing range data. By applying filters of three different lengths sequentially, we are able to extract the position of both major and minor edges accurately without smearing.

Also indicated in ref. 1, most commonly used methods for extracting surfaces are based either on edge detection or on region growing, but not both. We use a combined method in our approach. We take the edges as a starting point for region growing by obtaining the slope of each point in the X and Y directions according to the longest segment to which it belongs. By doing so, it is based on the best available global information at this stage. Then the region growing process gathers the surface points with similar slopes. When a connected area is obtained, the normal of this surface is determined by the most reliable part of the region. The edge is then determined by the adjacent surfaces.

This method is also useful in segmentation of piecewise linear functions. Some work has been carried out in this direction in cooperation with the Electrotechnical Laboratory, Japan, and a paper on this topic is in preparation.

Reference

1. Pavlidis, T. A critical survey of image analysis methods. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris, France. October 1986. pp. 502–511.

Surface Characterization of a Complex-shaped Surface ■ N.N. ABDELMALEK

Classical differential geometry is used in calculating invariant surface characteristics for data obtained by a range camera. A study is being conducted in using such surface characteristics in developing matching algorithms for three-dimensional objects. The method is based on the method proposed by Besl and Jain (1).

Reference

1. Besl, P.J., and Jain, R. Invariant surface characteristics for 3-D object recognition in range images. Comput. Vision, Graphics Image Process. 33: 33–80; 1986.

Rotation-invariant Contour Dynamic Programming Matching Method for Three-dimensional Object Recognition ■ H. YAMADA[1] – M. HOSPITAL[2] – T. KASVAND

A model-based three-dimensional object recognition method using Dynamic Programming (DP) is proposed. The input information consists of preprocessed range images where the input edges are approximated by linear segments. The reference models consist of a series of segments where each model constitutes a closed loop and each segment in the model is longer than the corresponding input segment. The optimal correspondence is extracted by using DP, allowing for a certain amount of change of the length and the relative angle with respect to the preceding segment. In the process, one model segment is allowed to correspond to multiple input segments, but the inverse is not allowed. The cyclical property of model segments is taken into account. The method was tested on three-dimensional object scenes.

Recognition Based on Combining Matchings of Primitive Local Patterns ■ S. UMEYAMA

A model-based three-dimensional object recognition and positioning method has been proposed. The proposed recognition method is based on the idea of combining many local matchings into a comprehensive and consistent interpretation of the scene: primitive local patterns in the scene are matched with those in the model by using the edge and surface information together, and the compatible local matchings are accumulated and combined to give several interpretations of the scene. The most appropriate interpretation

[1]Visiting Research Scientist from the Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japan, from July 1985 to June 1986.
[2]Canada/France Post-doctoral Fellowship from the Université de Clermont, Aubière, France, from December 1985 to December 1986.

is selected as the recognized object. The proposed method is robust to occlusion and works with only a partial view of the object. This method is also suitable for parallel computation because matchings of primitive local patterns, which is the most time-consuming stage in our method, are completely independent of each other and can be done in parallel. The method was tested on images of realistic three-dimensional object scenes obtained with a laser range finder.

Recognition of Isolated Three-dimensional Objects Using Moment Invariants

■ S.H.Y. HUNG

The common approach in object recognition is to extract local geometric features such as edges, corners, and surfaces from the data as a basis for describing an object. An alternative approach is to consider the digital image of an object as a distributing function that uniquely identifies with the object. Instead of extracting local features, the global properties of the object are used to describe it for purposes of identification. The most commonly used global features are the moment invariants. They have been used successfully in the recognition of two-dimensional objects and silhouettes of three-dimensional objects (1–4). The range data of three-dimensional objects appear well suited for this approach.

Range images for multiple views of simple objects have been processed to assess the potential of this method. Preliminary results indicate that:

1. The seven moment invariants described in ref. 1 and used in refs. 1 to 4 are remarkably stable as predicted theoretically with respect to translation, scale change, and in-plane rotations that have been introduced into the data through simulation.
2. The resolution or separating power of these seven invariants can discriminate between two views of an object that differ by a small change in viewing direction (about 5°).
3. The search time can be considerably reduced by a two-stage technique that matches the histogram first. Although the histogram does not uniquely determine the object, it guarantees that the right candidate is not eliminated.
4. The moment invariants used in this technique are readily computed. The computational requirement is significantly less than that for extracting surfaces or other local features. At this point, the technique appears promising for identifying isolated objects in controlled viewing directions. Our current work is to further test this method under situations of greater shape complexity.

References

1. Hu, M-K. Visual pattern recognition by moment invariants. IRE Trans. Inf. Theory, IT-8: 179–187; 1962.
2. Dudani, S., Breeding, K., and McGhee, R. Aircraft identification by moment invariants. IEEE Trans. Comput. C-26: 39–46; 1977.
3. Smith, F., and Wright, M. Automatic ship photo interpretation by the method of moments. IEEE Trans. Comput. C-20: 1089–1095; 1971.
4. Goshtasky, A. Template matching in rotated images. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. PAMI-7: 338–344; 1985.

RECENT PAPERS — COMPUTING TECHNOLOGY SECTION

Published

☐ ABDELMALEK, N.N. Chebyshev and L_1 solutions of overdetermined systems of linear equations with bounded variables. Numer. Funct. Anal. Optimiz. 8(3,4): 399–418; 1985–86. NRC 25258.

- ABDELMALEK, N.N. Noise filtering in digital images and approximation theory. Pattern Recognition, 19(5): 417–424; 1986. NRC 25270.
- ABDELMALEK, N.N. Approximation in theory and noise filtering in digital images. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris, France. October 27–31, 1986. pp. 201–205. NRC 26610.
- ABDELMALEK, N.N. Polygonal approximation of planar curves in the L_1 norm. Int. J. Syst. Sci. 17(11): 1601–1608; 1986. NRC 26563.
- ABDELMALEK, N.N. Computer programs for L_1 polygonal approximation of planar curves. NRC/ERB-987, March 1986. 23 pages. NRC 25078.
- BOULANGER, P., EVANS, K.B., RIOUX, M., AND RUHLMANN, L. Object input for CAD/CAM using a 3D laser scanner. Proceedings of the 8th Symposium on Engineering Applications of Mechanics, Sherbrooke, P.Q. June 8–10, 1986. pp. 100–106. NRC 25446.
- BOULANGER, P., EVANS, K.B., RIOUX, M., AND RUHLMANN, L. Interface between a 3-D laser scanner and a CAD/CAM system. Proceedings of the 5th Canadian CAD/CAM & Robotics Conference and Exposition, Toronto, Ont. June 17–19, 1986. pp. 731–737. NRC 27781.
- BURTNYK, N., SCRIMGEOUR, J., UDD, J.E., AND PATHAK, J. Recent developments in remote mining systems. Annual General Meeting of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Montreal, P.Q. May 11–15, 1986. Also CANMET, Division Report, M&ET/MRL, 86-56 (OP).
- DHOME, M., AND KASVAND, T. Polyhedra recognition by hypothesis accumulation from range data. NRC/ERB-985, May 1986. 150 pages. NRC 25655.
- DHOME, M., AND KASVAND, T. Hierarchical approach for polyhedra recognition by hypothesis accumulation. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris, France. October 27–31, 1986. pp. 88–91. NRC 26617.
- GREEN, D. An investigation into the design of a hardware accelerator for the Harmony real-time operating system. NRC/ERB-981, March 1986. 41 pages. NRC 25656.
- KASVAND, T. Step or jump edge detection by extrapolation. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris, France. October 27–31, 1986. pp. 374–377. NRC 26619.
- KASVAND, T. Linear textures in line drawings. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris, France. October 27–31, 1986. pp. 398–401. NRC 26620.
- KASVAND, T. Surface curvatures in 3-D range images. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris, France. October 27–31, 1986. pp. 842–845. NRC 26621.
- MACKAY, S.A., AND TANNER, P.P. Graphics tools in Adagio, a robotics multitasking multiprocessor workstation. Proceedings of Graphics Interface '86, Vancouver, B.C. May 26–30, 1986. pp. 98–103. NRC 25461.
- OKA, R., KASVAND, T., AND RIOUX, M. Recognition of three-dimensional objects based on the cross-angle transform. NRC/ERB-980, July 1986. 82 pages. NRC 25661.
- OTSU, N., KASVAND, T., AND UMEYAMA, S. Multiple regression analysis approach to automatic design of adaptive image processing systems. NRC/ERB-996, February 1987. 67 pages. NRC 27428.
- RIOUX, M., BOULANGER, P., AND KASVAND, T. Segmentation of range images using sine wave coding and Fourier transformation. Appl. Opt. 26(2): 287–293; 1987. NRC 27510.
- ROTH, G., AND O'HARA, D. A holdsite method for parts acquisition using a laser rangefinder mounted on a robot wrist. 1987 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Raleigh, NC. March 30 – April 3, 1987. pp. 1517–1523. NRC 27171.
- TANNER, P.P., MACKAY, S.A., STEWART, D.A., AND WEIN, M. A multitasking switchboard approach to user interface management. Proceedings of ACM SIGGRAPH '86 Conference, Computer Graphics, Dallas, TX. August 18–22, 1986. Vol. 20(4), pp. 241–248. NRC 25635.
- YAMADA, H., AND KASVAND, T. DP matching method for recognition of occluded, reflective and transparant object with unconstrained background and illumination. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris, France. October 27–31, 1986. pp. 95–98. NRC 26618.

- ☐ YAMADA, H., AND KASVAND, T. Dynamic programming in pattern recognition. NRC/ERB-994, February 1987. 81 pages. NRC 27480.
- ☐ YAMADA, H., HOSPITAL, M., AND KASVAND, T. Rotation-invariant contour DP matching methods for 3D object recognition. Proceedings of the 1986 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Atlanta, GA. October 14–17, 1986. pp. 997–1001. NRC 26608.

Presented

- ☐ BOULANGER, P., RIOUX, M., AND EVANS, K.B. Interface entre un système de vision tridimensionnelle et un système CFAO. 54e Congrès de l'association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Montreal, P.Q. May 13, 1986.
- ☐ ELGAZZAR, S. Robotics research, Laboratory for Intelligent Systems, National Research Council of Canada. NATO International Advanced Research Workshop on Machine Intelligence and Knowledge Engineering for Robotic Applications, Maratea, Italy. May 12–16, 1986.
- ☐ GENTLEMAN, W.M. The context of the Harmony project — nontraditional aspects of industrial use of computers. NRC/DEE Science Association, Ottawa, Ont. May 7, 1986.
- ☐ GENTLEMAN, W.M. Choices in inter-process communication. OCRI Distributed Computing Group, Ottawa, Ont. November 12, 1986.
- ☐ GENTLEMAN, W.M., AND STEWART, D. Debugging multi-task programs. IEEE Computing Society, Ottawa, Ont. October 23, 1986.
- ☐ HUNG, S.H.Y. On the straightness of digital arcs. Division of Computer Sciences, Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japan. September 12, 1986.
- ☐ HUNG, S.H.Y. A comparation on information handling by human and machine. Mathematical Engineering Section, Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japan. October 9, 1986.
- ☐ HUNG, S.H.Y. What I did, what I thought and what I saw in Japan. Division of Computer Sciences, Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japan. October 31, 1986.
- ☐ HUNG, S.H.Y. 3-D object recognition. Department of Applied Physics, Hong Kong Polytechnic, Hong Kong. November 20, 1986.
- ☐ ROTH, G. Parts acquisition with a wrist-mounted laser rangefinder. ACM Local Chapter, University of Ottawa, Ottawa, Ont. April 16, 1986.
- ☐ ROTH, G. Sensor-based robotics. Ottawa Artificial Intelligence Group, Ottawa, Ont. June 17, 1986.
- ☐ ROTH, G. Applications of laser rangefinders to robot vision. McGill University, Montreal, P.Q. July 9, 1986.
- ☐ SHEPERTYCKI, T. A preliminary design for a frame-based object modeling system for robotics. Ottawa Artificial Intelligence Group, Ottawa, Ont. June 17, 1986.
- ☐ TANNER, P.P., WEIN, M., GENTLEMAN, W.M., MACKAY, S.A., AND STEWART, D.A. The user interface of Adagio: a robotics multi-tasking multiprocessor workstation. 1st International Conference on Computer Workstations, San Jose, CA. November 11–14, 1985.
- ☐ WEIN, N. Impact of new technologies on graphics standards and practices. Carleton/Ottawa Universities Joint Master's Programme in Computer Science, Ottawa, Ont. October 9, 1986.

INFORMATION TECHNOLOGY SECTION

Section Head — J.W. Brahan

■ Introduction

The Information Technology Section is concerned with research and development in the area of applied artificial intelligence technology with a focus on knowledge-based systems and their applications. Much of the work of the Section in this area has been initiated during the period under review, following the completion of the work on the NATAL project and the transfer of that technology to industry. The projects that make up the Section's program of work are directed towards the development of knowledge-based system tools and methodologies and their application in response to identified requirements. Emphasis is placed on collaboration with other centers within NRC and outside. Currently, the Section is collaborating with the Laboratory for Biomedical Engineering in research on discovery learning from medical databases and with the Division of Mechanical Engineering in the development of a microcomputer database for flexible manufacturing applications. In March, an agreement was signed with Laval University to collaborate on knowledge-based systems research and development for a three-year period. At Laval, the participants are the Department of Computer Science and the Laboratory for Artificial Intelligence in Education. Through such collaboration it is hoped to avoid duplication of effort and take full advantage of the limited resources available in this field.

■ Knowledge-based Systems

■ W.H. Henneker – J.W. Brahan – B. Farley – P.L. Davidson – R.A. Orchard – A. Parent – C.S. Phan – F.B. Vernadat

The knowledge-based systems project was initiated this year with a view to developing expertise in the area of applied artificial intelligence technology. The primary focus of the project is on knowledge-based technology and the objective is "to develop and demonstrate a flexible methodology and supporting tools for the creation of systems that provide for the representation, acquisition and application of knowledge."

During the period under review, work has been concerned with the acquisition, development, and installation of the facilities necessary to support the project. The initial specialized computing equipment installed for the project includes a Sun 3/160 fileserving workstation, a Sun 3/75 workstation, and a Symbolics 3620 LISP machine. The Sun workstations are to be connected through an Ethernet link to similar machines in the Systems Laboratory of the Division of Mechanical Engineering and will also be linked to the Section's Data General MV8000 computer. Software available includes LISP and Prolog and an installation of ART (Automatic Reasoning Tool) expert system development environment.

Tasks that have been identified to be undertaken within this project include the development and demonstration of facilities for acquiring and maintaining the content of knowledge-based systems, development and demonstration of "second generation" knowledge representation techniques, development and demonstration of user interface facilities, and development of the methods required to integrate knowledge-based system components in response to application requirements. Under this last major task, a prototype expert system for medical device risk management is being developed for the Bureau of Radiation and Medical Devices, Health and Welfare Canada. This expert system will be capable of classifying medical devices according to their relative risks and will be a valuable tool for identifying priorities for investigation and for the development of corrective measures.

Knowledge Processing for Integrated Systems

■ P.L. DAVIDSON

Integrated systems require that knowledge produced by different processing modules be globally accessible throughout the entire system. Different knowledge representation schemes may be selected according to the requirements specific to each module. For example, a CAD module can be greatly enhanced if knowledge of inventory, machine-tool availability, scheduling, market trends, consumer complaints, etc., can be readily accessible while designing new products.

A knowledge processing shell for integrated systems is being developed. The basic knowledge representation scheme is rule-based but the systems allow for interaction with other representation schemes. The system has specific features such as meta-knowledge, mechanisms for forward and backward chaining, rule consistency checking, mechanisms for optimization, and the capability to interactively define and access new processes.

An explanation module for the shell is being developed. The explanation of how expert systems have arrived at their conclusions becomes increasingly critical since these systems are generally viewed as being advisory systems. The users of expert systems tend to be very cautious about relying on the output of the expert system without having insight into the reasoning upon which the output is based. Thanks to an appropriately designed explanation module, expert systems can become very efficient reasoning tools in decision-making processes.

The explanation capabilities of many expert systems shells are limited to tracing the rules that have been triggered. It has been recognized that there is much to be gained by providing the user with explanations that cover not only the reasoning paths that were followed, but also the paths that were discarded while exploring alternatives. It is important to identify what facts have been critical in determining the decisions, to find out on what points compromises could be made to open new reasoning avenues. Furthermore, an explanation module is a considerable asset when a knowledge base is being developed since it pinpoints the missing or incorrect elements.

The functional need for the explanation module as well as the development of the mechanisms have been addressed; actual implementation is underway.

The knowledge processing shell is developed in Common LISP on a Data General MV8000 and a Sun 3/75.

Intelligent Advisor

■ J.W. BRAHAN – B. FARLEY – A. PARENT – R.A. ORCHARD – C.S. PHAN

The Advisor project has as its objective the development of a general purpose intelligent advisor system and demonstration of feasibility through applying it to a database design methodology. The selected demonstration subject is M*, the database design methodology developed within the Section's Engineering Information System project. It is to be noted, however, that within the Advisor project the M* methodology is the demonstration subject only and the primary focus of the Advisor project is on the development of a generic advisor system that is widely applicable. The goal of the project is a system that will be capable of

1. operating as an intelligent tutor, controling a structured interaction defined in an external knowledge base and database
2. monitoring a user's interaction with a computer-based system and offering, as required, advice based on the operating specifications of that system
3. in a background role, providing on-line help in response to user initiated requests

During the period under review, activity in this project has focused primarily on the development of the project plan. The project is a collaborative undertaking involving centers in Canada and elsewhere. In addition to NRC, participants include, in Canada, Laval University and Price Waterhouse; in the United Kingdom, the University of Leeds; and in Italy, the University of Turin.

Preliminary work was started in January on the development of the rule-base that defines the first phase of the M* methodology. Acceptance of the project plan by the participants and the formal initiation of the project is currently scheduled for May.

■ NATAL

NATAL Implementation

■ J.W. BRAHAN – B. FARLEY – W.H. HENNEKER – R.A. ORCHARD – C.S. PHAN

The implementation of microNATAL, with special attention to the version for the IBM PC (and compatibles), was completed by the end of October 1986. All of the changes to the NATAL specification that have been made during the past two years have been incorporated in the final version. Some effort beyond that which was originally planned last year was directed to supporting the graphics capabilities of the IBM Professional Graphics Board and the IBM Extended Graphics Adapter (EGA). The latter was supported using a graphics software toolkit provided by Graphics Software Systems (GSS) which implements the evolving graphics standard known as the Computer Graphics Interface (CGI). In fact this standard supports several graphics boards as well as various input devices, plotters, etc. The final version of microNATAL has been released to Softwords (see *Bulletin of the Division of Electrical Engineering*, Vol. 2, No. 6). Future work on NATAL will be limited to a consultative role as questions and problems arise.

NATAL Standard

■ R.A. ORCHARD

As projected last year a final draft version of a standard document for NATAL was completed in October 1986. This has been sent to interested parties for their comments and suggestions as to the future of the document. Softwords has proceeded to update its own version of NATAL to conform to this standard specification and as reported in this issue of the *Bulletin* the version of microNATAL provided to Softwords under licence conforms to the standard.

A set of validation programs, prepared to assist in validating conformance to the standard, was also completed in the summer of 1986. These programs have been provided to Softwords to assist with their testing processes.

Cooperation with the Department of National Defence

■ R.A. ORCHARD – C.S. PHAN – R. SHEVEL – R.V. BORN

As reported in the last issue of the *Bulletin* (Vol. 2, No. 6), four student CAL workstations were being prepared for evaluation by Canadian Forces Training Systems Headquarters. Courseware previously prepared was also being adapted to work with these workstations. Two of the proposed workstations were completed. They were configured using IBM PC compatible computers with various devices attached, including videodiscs, graphics tablets, and joysticks. The other two workstations could not be completed when a supplier was unable to deliver promised equipment before the end of the fiscal year. The equipment was installed at Canadian Forces Base Trenton for evaluation at the end of April 1986. This provided the Department of National Defence (DND) with valuable input for a part of the CAL Final Report of the Computer Assisted Learning Research and Development Project in which they make recommendations concerning the requirements of CAL workstations for DND.

■ Engineering Information Systems

■ F.B. VERNADAT – A. FAMILI
– W.H. HENNEKER – K.P. LAM – R.H. WYLIE

Introduction

The aim of the engineering information systems (EIS) project is to define tools, techniques, architectures, and methodologies in order to build advanced information systems for information processing and decision-making support in industrial production systems.

An engineering information system can be defined as a computerized environment consisting of capabilities of a database system (DBS) for data manipulation and management; capabilities of a knowledge-based system (KBS) for knowledge representation and management and inference; functions of a decision support system (DSS) for decision-making support by means of relevant models (mathematical or heuristics models); and data, knowledge, and procedures relevant to some engineering application fields. The development of any EIS requires the availability of an advanced information system (AIS) which will largely encompass the capabilities of currently available database management systems.

An advanced information system can be defined as an integrated computer software environment consisting of a database management system (DBMS) for data management; a knowledge base management system (KBMS) for knowledge management, deductive reasoning, and inferencing; a model management system (MMS) for model management and decision support; and software, hardware, and computer communications facilities.

The development of an AIS for EIS applications requires the implementation of the following DBMS, KBMS, and MMS functions.

The DBMS functions are store, retrieve, and manage data (e.g., DDL, DML, QL, data dictionary); manipulate facts as relational tuples; manipulate complex data and relationships (e.g., images, text, graphics, signals); manipulate object versions; allow long transactions; and allow cooperative use of objects without loss of integrity.

The KBMS functions are store, retrieve, and manage knowledge (e.g., KDL, KML, inference capabilities); manipulate production rules, frames, semantic nets, etc.; allow knowledge sharing; allow access to several cooperative knowledge bases; inferencing; and knowledge base optimization procedures and rule priority computations.

The MMS functions are store, retrieve, and manage models (e.g., MDL, MML, model activation); manipulate a wide range of models (model representation); allow model verification (model maintenance); allow indication of model applicability and validity; allow model sharing; and facilitate synthesis of new models.

The development of EIS also requires the design of various methodologies and computer-based tools for using and implementing efficiently real-world applications in production environments.

Current Achievements

1. DBS/R: a database development shell for the creation of main-memory data managers of relational tuples. The system is composed of a generic data definition language (DDL), a set of generic data manipulation primitives (DML), a DDL compiler which automatically creates the data manager for a given database description with its specific data manipulation primitives, and a data editor generator which automatically creates a data editing application program for interactive data manipulations of a given database. The documentation of the Pascal version of DBS/R on DEC VAX and DG MV8000 has been completely rewritten. Translation of the full package into C is currently being done on the DG version under contract by the company DMR Group Inc. of Ottawa. A report on DBS/R is planned for 1987.

2. Manipulation of images, text, signals, and graphics objects with DBS/R: DBS/R databases have been created to manipulate such forms of data. This was demonstrated in April 1986. Papers are in preparation on this work.
3. Advanced data integrity manager: a sophisticated data integrity module is being implemented on DBS/R. Internal capabilities were available in the original version. They are being extended by an external module which is attached to the DBMS and is accessed by DBS/R users with more flexibility in managing integrity constraints. A preliminary report (ERB-988) has been published to indicate DBS/R extensions to be implemented.
4. M* database design methodology: a complete, manual, and pragmatic database design methodology for production and CIM database development has been designed by members of the Section in collaboration with A. DiLeva from the University of Torino, Italy, and D. Bizier from Daniel Bizier Enr., Gatineau, Quebec. The methodology has been adapted to DBS/R databases. The methodology called M* is available in the form of a report (ERB-1000) and several papers have been published about it.
5. A frame-based supervisory system with rote learning capability has been implemented and shown to improve the performance of a self-tuning controller. Quantitative simulation of a dexterous 9R robot has provided preliminary results for the construction of an expert control system for redundancy utilization.
6. Initial studies on the application of machine learning techniques in engineering information systems have been started. It has been found that techniques such as learning from experience and learning from self-monitoring are among some that could be very useful in developing architectures to build advanced information processing systems for intelligent manufacturing environments.

Conclusion

The EIS project is summarized in Fig. 1. The major tasks for the short term are discussed in the following subsections.

Machine Learning Development

■ A. FAMILI

After the initial investigation into the application of machine learning techniques to engineering information systems, the following activities will be undertaken:

1. identification of machine learning application areas in intelligent manufacturing systems where an engineering information system is planned to be used
2. identification of the relevant tasks and decision-making functions of a medium or large enterprise where machine learning could help in the implementation of an engineering information system
3. development of a machine learning application example of the enterprise mentioned above where DBS/R could be used as a means of data storage and retrieval.

Model Management Development

■ R.H. WYLIE

Investigations related to the design and implementation of a model management system (MMS) for the engineering information system will be undertaken as outlined below:

1. selection of a model representation formalism: design and perform a series of tests to assess the potential of the various model management formalisms currently represented in the literature. This will entail a preliminary analysis of the functional requirements imposed on MMSs by engineering information system environments.

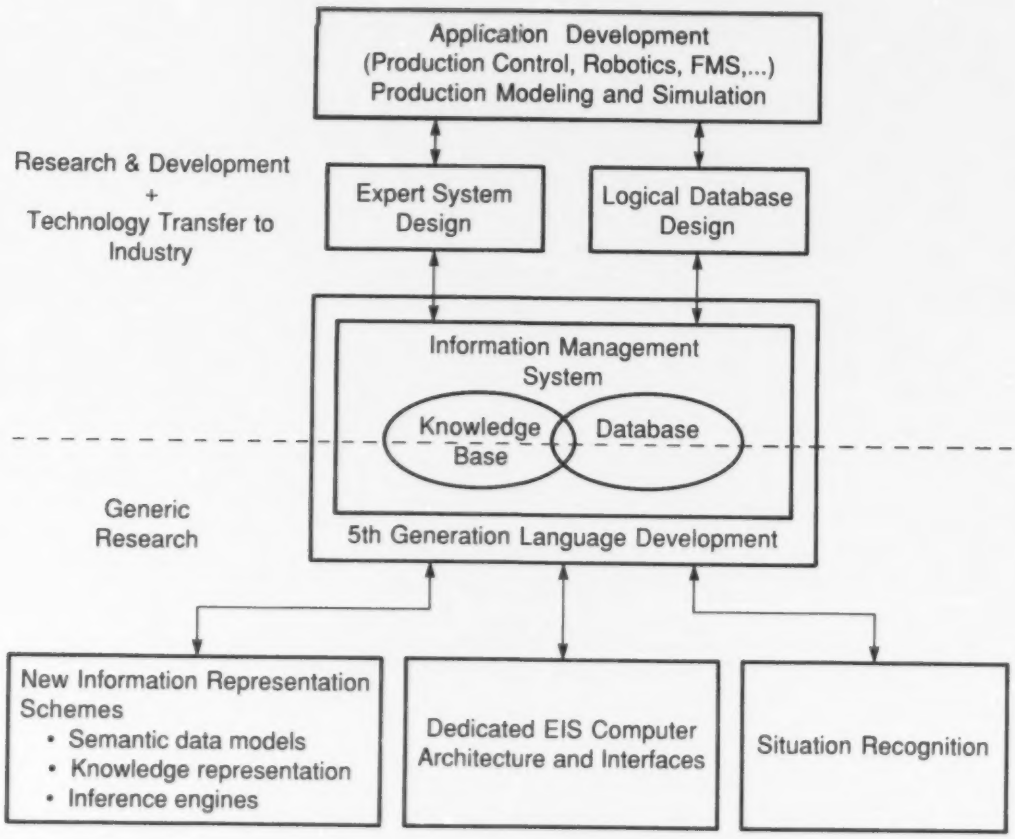


Figure 1 Engineering Information System project.

2. model management requirements for engineering information systems: develop functional requirements and design specifications for a MMS to be integrated with database and knowledge base management systems into the kernel of an engineering information system.

DBS/R Development ■ F.B. VERNADAT – R.H. WYLIE – W.H. HENNEKER

Technical support for DBS/R will be continued through provision of support to users (e.g., Manufacturing Technology Centre of the Division of Mechanical Engineering, École Polytechnique de Montréal).

Expert Database Development ■ F.B. VERNADAT – W.H. HENNEKER

An expert database system permits the storage of both data and knowledge. It implements a high-level query facility that not only retrieves data but also permits manipulation of that data by means of production rules and frames. An expert database system also assists the user in the logical modeling of data. Activities associated with this task are

1. development of the functional requirements for a rule-based system to make inferences from data structured into relations. A prototype written in LISP and showing production rules inferring from

tabular data may possibly be built. The aim of this work is to contribute to the development of some functions of an expert database language.

2. CAD/CAM/CIM knowledge base requirements definition: A member of the project team is currently at the University of Grenoble on a scientific exchange. This issue will be discussed with relevant experts in France and a summary report prepared in June 1987.
3. knowledge representation with relational structures: will be continued on representing and manipulating production rules, frames, and semantic nets in terms of relational structures and the implementation of inferencing algorithms working on these structures. A summary of work will be produced at the end of the exchange visit to France (October 1987).
4. design of the architecture of an advanced data and knowledge manager with inferencing capabilities and relational management capabilities. A draft report is planned for December 1987.

A Microcomputer Database for Flexible Manufacturing

■ F.B. VERNADAT – R.H. WYLIE

The use of realtime databases in automated manufacturing environments places severe demands on both the methodologies used in their design and implementation and on the database technologies used. This project was an opportunity to apply expertise and software developed within the Section to a realistic problem, to assess their performance, to refine them where indicated, and to contribute to a project undertaken by the Manufacturing Technology Centre (MTC) of the Division of Mechanical Engineering.

First, the project involved the use of expertise being developed within the Section in database design to assist the MTC group in developing a database schema appropriate to the needs of their manufacturing work cell. To this end a database design committee was formed consisting of members of both MTC and the Information Technology Section (ITS); in a series of meetings the data requirements and the data schema were designed using a subset of the techniques drawn from the methodology developed in the Italian DATAID project, the ITS in-house expertise in manufacturing database requirements, and the MTC in-house expertise in automated manufacturing processes. (This was later to be refined and presented as the M* methodology.)

Second, it involved tailoring of the database management system, DBS/R, to function on a micro-VAX computer and to meet the software standards of the MTC project. These modifications involved two major tasks. The database compiler had to be modified to generate C language source code instead of Pascal. Since C is widely accepted as a more appropriate language for realtime and industrial applications this conversion yields benefits beyond the scope of this project. The issue of when and whether to translate the compiler proper into C has yet to be resolved and was considered to be beyond the scope of this project. The other major modification involved redesign of the interface between the database and the processes it serves since in the work-cell-controlled environment interprocess communications are asynchronous.

The project ended in March 1987 and a working version of the DBMS has been delivered. The project also contributed to the development of the M* database design methodology.

Development of an Advanced Integrity Manager for DBS/R

■ A. FAMILI

Manufacturing databases will generally include all types of information related to the objects or entities and relationships that exist between the entities. Most developers of these databases have realized that the major problem in utilizing any database is the integrity of information that is entered. This problem is of course more crucial in manufacturing databases that serve multiple applications where designers, managers, system operators, etc., will have access to a common datapool. The purpose of this project is to provide the database system DBS/R, a relational database developed for manufacturing environments, with efficient data integrity mechanisms.

Preliminary studies on the problem of data integrity in CAD/CAM databases and development of an integrity manager were started in 1985. During this period, the groundwork and most of the information required for the development and implementation of an integrity manager were gathered. During the last year, an example of a manufacturing case has been selected from information available about an automobile plant in England. The model of this example has been narrowed down and used for testing different approaches for implementation of an integrity manager.

Three approaches have been tried.

1. the DB approach: For each DBMS generated by the DDL compiler, a DB file would be generated which includes an integrity section. In this approach, the integrity section of the DB was expanded with one or more rules developed for each attribute of each relation. Groups of rules were put in the integrity manager which is responsible for acceptance or rejection of data.
2. application programs approach: Application programs of DBS/R are currently written in Pascal and DML (data manipulation language) primitives are used for this purpose. In this approach, different classes of integrity rules were developed that could either be included in the application programs or else be put in a separate file to be accessed by different application programs. Upon invoking these rules and establishing the desired data characteristics, they will act as the integrity monitor of the database.
3. extension of DML: This approach, which is currently under development and testing, is based upon certain DML primitives which provide the most flexible approach to the implementation of the integrity rules. Primitives such as INVOKE and ASSERT as well as an integrity manager consisting of numerous rules that will handle data integrity checking have been developed to be used with other data manipulation primitives to write the application programs and simultaneously monitor the transactions.

RECENT PAPERS — INFORMATION TECHNOLOGY SECTION

Published

- ☐ Brahan, J.W., Farley, B., and Orchard, R.A. A set of tools for courseware development. Translation published, "Serie di strumenti per lo sviluppo del courseware (software didattico)", ATTI del Convegno Internazionale ANTEM, 30/31 Gennaio, 151–155; 1985.
- ☐ Brouard, J., Brahan, J.W., Parent, A., and Bégin, Y. La formation assistée par ordinateur en milieu de travail: évaluation d'une application. Proceedings of the 5th Canadian Symposium on Instructional Technology, Ottawa, Ont. May 5–7, 1986. pp. 419–423. NRC 25580.
- ☐ Bumbaca, F. An experimental intelligent computer-based coach for teaching logic. Proceedings of the 5th Canadian Symposium on Instructional Technology, Ottawa, Ont. May 5–7, 1986. pp. 144–150. NRC 25579.
- ☐ Carbery, M.G., Hlady, A.M., Kee, L., and Wilson, T. Telidon/NATAL in a museum volunteer training program. Proceedings of the 5th Canadian Symposium on Instructional Technology, Ottawa, Ont. May 5–7, 1986. pp. 172–178. NRC 26011.
- ☐ Di Leva, A., Vernadat, F., and Bizier, D. M*: A methodology for information system analysis and database design in production environments. NRC/ERB-1000, December 1986. 99 pages. NRC 26204.
- ☐ Famili, A. An integrated software architecture for automated manufacturing workcells. Proceedings of Robots 10 Conference, Chicago, IL. April 20–24, 1986. pp. 3-1 to 3-14. NRC 25131.
- ☐ Famili, A., and Vernadat, F. Integrity constraints of manufacturing databases. Eng. Comput. 2(1): 41–52; 1987. NRC 25583.
- ☐ Famili, A., and Vernadat, F. Integrity constraints of manufacturing databases and their processing. NRC/ERB-988, February 1986. 60 pages. NRC 25660.

- ☐ FARLEY, B. NATAL Graphics Editor. User guide. NRC/ERB-989, January 1986. 77 pages. NRC 25658.
- ☐ FARLEY, B. Éditeur graphique NATAL. Guide de l'utilisateur. NRC/ERB-989, January 1986. 81 pages. NRC 25657.
- ☐ LAM, K.P. Self motion of a 9R redundant robot. Proceedings of the 14th IASTED International Conference of Applied Simulation and Modelling (ASM '86), Vancouver, B.C. June 4–6, 1986. pp. 373–377. NRC 25470.
- ☐ MORAN, S., AND VERNADAT, F. Implantation d'un Moteus d'inférence en en utilisant le système de base de données INGRES. Université du Québec à Hull, Hull, P.Q. 1986.
- ☐ VERNADAT, F. Critical factors for complete CAD/CAM and CIM integration. Proceedings of the 5th Canadian Conference on Industrial Computer Systems (CICS '86), Montreal, P.Q. May 28–30, 1986. pp. 70.1 – 70.7. NRC 25513.
- ☐ VERNADAT, F. Appropriate methodology for implementing CIM databases. Proceedings of the 5th Canadian CAD/CAM and Robotics Conference, Toronto, Ontario. June 17–19, 1986. pp. 723–726. NRC 25540.
- ☐ VERNADAT, F. Designing logical schemata for manufacturing databases. Proceedings of the 5th Canadian CAD/CAM and Robotics Conference, Toronto, Ont. June 17–19, 1986. pp. 726–729. NRC 25541.
- ☐ VERNADAT, F., GUINDON, D., GUINET, M., AND MALLET, J. Le logiciel EMDB. Niveau Interne et Gestionnaire de Base de Connaissances. Document de travail No. 4, Département d'informatique, Université du Québec à Hull, Hull, P.Q. December 1986. 42 pages.

Presented

- ☐ BRAHAN, J.W. L'informatique et l'apprentissage. Deuxième conférence franco-ontarienne: L'ordinateur en education, Sudbury, Ont. November 13–15, 1986.
- ☐ VERNADAT, F. Le stockage de signaux, d'images et de texte dans une base de données relationnelle. 54e Congrès de l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Montreal, P.Q. May 12–16, 1986.
- ☐ VERNADAT, F. Knowledge representation and expert systems with relational DBMSs. ICAM Technologies Inc., Montreal, P.Q. August 18–19, 1986.
- ☐ VERNADAT, F. A simple expert system shell implemented with database technology. Seminar, University of Turin, Italy. March 25, 1987.

PHOTONICS AND SENSORS SECTION

Section Head – J. Domey

■ Introduction

The objective of the Photonics and Sensors Section is to develop new measurement principles and sensor systems combining optical, electronic, and information-processing techniques. Industrial automation is the primary goal of our activities, but the generic techniques developed have been applied in a number of sectors: sensors for aviation, the measurement of ship propellers, and the inspection of printed circuits.

Activities in the past year included demonstrating the feasibility of reproducing three-dimensional (3-D) objects; assessing a large number of applications of the 3-D synchronized scanning sensor and initiating development projects for the most promising applications; conducting a demonstration in real time of a new 3-D sensor named BIRIS; developing a high-precision galvanometer controller; demonstrating a high-speed electrical field sensor; and completing work on the sensor to monitor refractive index changes in fluids using fiber optics.

In the upcoming year, we plan to continue our work on the development of techniques and applications for 3-D sensors in cooperation with industry, as well as segmentation and recognition techniques using 3-D data. Further efforts will also be focused on the development of guided optics technology and the study of nonlinear switching with a view to developing new sensors and optical signal and image processing units. Technology transfer and industrial assistance form a significant part of our activities.

■ Three-dimensional Vision

Three-dimensional Vision Sensors

Laser Triangulation System with Synchronized Scanning ■ M. Rioux – L. Cournoyer – F. Blais

In cooperation with the Computing Technology Section, we have begun testing a compact prototype with increased depth of field (10 cm to 1 m). Mounted on a PUMA 560 robot, the prototype enables us to acquire data used in controlling robotic grasping tasks. Figure 1 illustrates the prototype in operation. The camera operates on the principle of synchronized scanning (1). Sideways movement is achieved by displacement of the robot itself. Figure 2 shows images obtained for various observation distances. The photographs on the left provide gray-level coded range images, and at right we have a graphic representation (isometric) of the same images. With respect to new developments, we are currently completing the assembly of a new 3-D camera that has desirable characteristics in an experimental environment. We will be able to modify the operating parameters of the camera quickly without having to recalibrate it. This flexibility will allow us to speed up the experimentation stage significantly.

We are also continuing technology transfers of synchronized scanning vision sensors with two companies. One of them, Servo-Robot, now has an industrial version of the vision sensor designed for arc welding. We are also transferring technology for the sensor with increased depth of field, for which we see a large market in the area of robot control. The other company, HYMARC Engineering Limited, has completed the measurement system for ship propellers and is putting the finishing touches on software designed to reproduce objects using data obtained with the 3-D vision sensor. It has also undertaken, in cooperation with the NRC, development of the 3-D sensor for inspection of populated printed circuit boards. This type of inspection requires a very rapid system with high dynamic (intensity) range and high lateral resolution. As a result, we were led to conduct the research on the detectors described later in this report.

Figure 1 Compact 3-D data acquisition system in operation. The robot is a PUMA 560.

Reference

1. Rioux, M. Laser range finder based on synchronized scanners. Appl. Opt. 23(21): 3837–3844; 1984.

Improved Position Detection for Three-dimensional Vision Sensors

■ J.-A. Beraldin – F. Blais – R. Misner – A.G. Dufour

The uniaxial position detector is a major element of the synchronized scanning 3-D vision sensor. It directly affects its speed, accuracy, and the type of surfaces that can be measured. To improve performance, we have undertaken an in-depth study of alternatives considering both the optical detector itself and the front end electronics. This work is divided into two phases. The first deals with the improvement of existing position detectors and their associated electronics through a better understanding of the parameters that limit the performance of the measurement process. The second is aimed at identifying new measurement techniques and detector technologies able to meet our ever-increasing requirements for speed and accuracy.

In the first phase, an exhaustive study of basic characteristics of solid-state detectors was carried out. The parameters describing the light-to-current conversion were highlighted in regard to the overall measurement process. Then, these results were used specifically to improve the electronic circuitry associated with the position detectors currently in use, i.e., lateral effect photodiodes. We have implemented and tested some low noise front end amplifiers that will enable us to increase the sampling rate by a factor of 10 over our current systems without sacrificing accuracy.

Work has started on a new kind of computational unit that will permit a 10 MHz throughput rate for range and intensity measurements. We expect that the combination of our low noise front end unit with this computational unit will yield the desired throughput rate and also a dynamic range of 1000:1 at one tenth

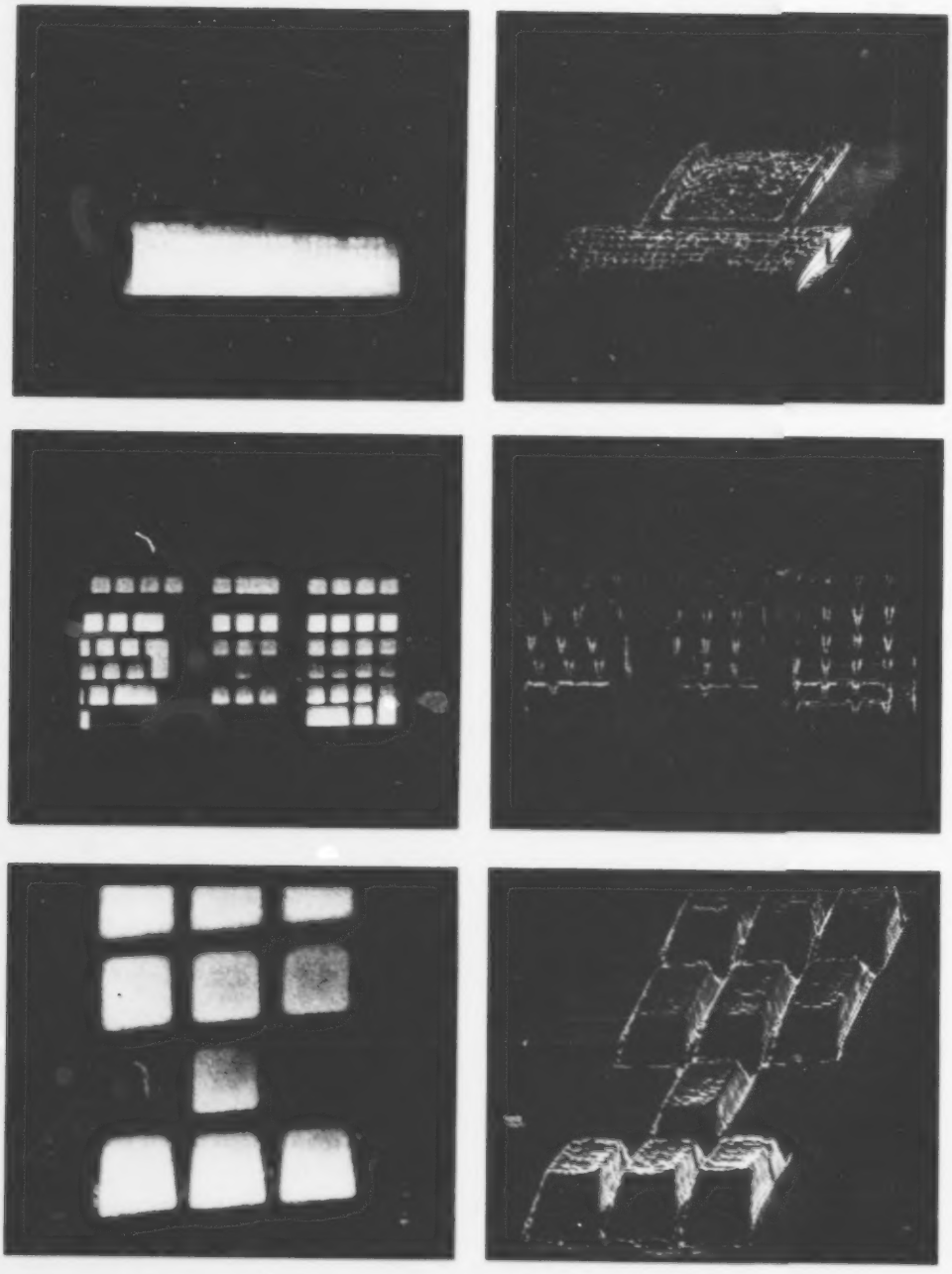


Figure 2 Three-dimensional images of the scene shown in Fig. 1. Above, the camera is situated at a distance of 1 m, at center, a reading taken at a distance of 25 cm, and below, a reading at 10 cm.

the cost of previous designs. Our industry partners have shown great interest in such a 3-D sensor. We plan to transfer the technology as soon as the custom position sensor is received and tested.

Three approaches are considered for the second phase:

1. custom-made detectors based on silicon technology which is commercially available. We are in the process of acquiring a custom position detector. This detector along with the electronic circuitry described above will allow a video rate 3-D sensor to be built at a commercially attractive price.
2. custom-made detectors based on proprietary technologies. A new silicon technology was found by scanning the literature. It was determined that by combining that technology with our range measurement algorithms for linear photodiode arrays, dynamic range in excess of 6 decades can be achieved with a typical accuracy of 1/64 of a pixel.
3. new concepts in detector element arrangement and dimensions and also new computational algorithms for range measurements. New position detector architectures are under investigation. These new position detectors would be required to work at video rates and in adverse conditions. Knowledge acquired from the previous task will definitely be an asset for this task.

High Precision Control of Galvanometer Scanner ■ F. BLAIS – L. COURNOYER

Two scanning devices are presently used in our 3-D vision sensors based on synchronized scanning: rotating multifaceted (pyramidal) mirrors and galvanometer driven flat mirrors. While galvanometers have the advantages of lower overall mass, random access, and electrically adjustable scan angle, they always lacked the linearity and accuracy of rotating mirrors. As the speed of the latter is frequently not needed, the former could be used if they could be controlled with high accuracy and then provide a simple and effective way to obtain high precision deflection systems in a relatively small package. Position sensors are already incorporated into these devices to obtain a direct measurement of the scan angle; this allows an increase in the speed of the device by proper feedback compensation. However, even if a very good resolution is obtained, absolute precision is limited by the nonlinearity of the position sensor and by temperature drift. Also, nonconstant group delay will introduce distortion in the response to a nonsinusoidal excitation.

In the high precision controller developed, two synchronization phototransistors are used to compensate for errors introduced by the gain, zero drift, and any misalignment. They are also used to compensate for the delay between the excitation and the response. While the position sensor can be used to compensate for distortions introduced by the nonconstant group delay, the phototransistors provide a simple and efficient way to adjust the scan of the galvanometer. Implemented in a low-cost microcontroller based on the TMS32010, an absolute precision of 10^{-4} to 10^{-5} has been obtained in an auto-adaptive system.

BIRIS ■ F. BLAIS – M. RIOUX – L. COURNOYER – A.G. DUFOUR – P. GARIÉPY

The first prototype of the BIRIS camera is operational and can be used to measure eight to ten profiles of 256 points at video rate (real time).

The basic principle of the optical head is shown in Fig. 3. Using only a double-aperture mask replacing the iris diaphragm of a conventional CCD-type camera, we have developed a very compact, simple, and most importantly, robust camera. These features are important for robotic applications since the camera is mounted on the arm of the robot and thus subjected to considerable stress.

As seen in Fig. 3, the 3-D measurement of point B, which is on the surface of the object, is directly related to the measurement of points b′ on the photosensitive detector. The distance between the two points b′ is a function of the height of the object, or z coordinate, while the geometric center provides the x and y coordinates. By projecting a network of parallel lines onto the object, up to 10 profiles can be measured simultaneously, at video rate. The projector used generates this multistripe pattern by means of an optical fiber and a fiber optic diffraction grating.

With the image processing unit it is possible to process the image obtained with the CCD camera, measure the position of points b′ to a fraction of a pixel (or detector element), associate the points and eliminate erroneous measurements, calculate pseudo-coordinates x, y, and z (distance between the points and the geometric center) and transfer these coordinates to the image buffer.

The supervisor controls the entire process, particularly the transfer of data to the central computer using a fast parallel link, the graphic display of results and optionally the control of the intensity of the laser and of a deflection system allowing the measurement of a complete object of 256 × 256 points in less than a second.

Figure 4 illustrates the optical head and specialized image processing unit of the BIRIS camera.

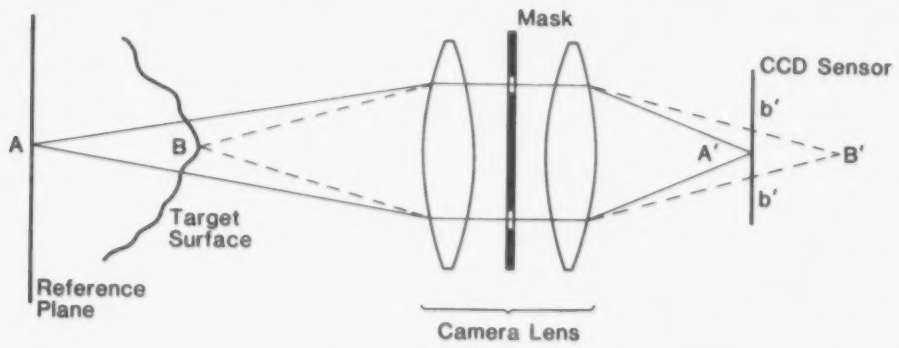


Figure 3 Basic principle to obtain 3-D encoding with mask.

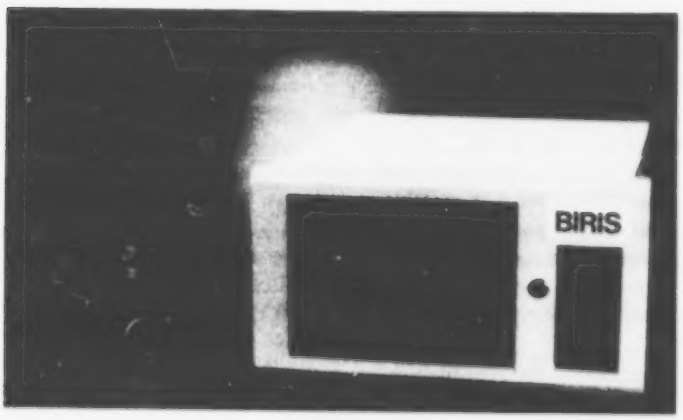


Figure 4 BIRIS system.

Development of Database Software for a Work Station for Three-dimensional CAD/CAM

■ P. CHARTIER – P. GARIÉPY

The proposed CAD/CAM work station using a 3-D camera requires the manipulation of a large quantity of geometric data distributed among a multitude of files. This creates problems at all levels. It becomes very complicated to produce software for image processing, to maintain the software, to manage different

versions of the same image, and to eliminate outdated images. If a work station such as the one proposed in our project is to become a serious tool, it must be equipped with software that will enable automation of data and program management.

So far, research has enabled us to outline the following requirements for a database system of 3-D images:

1. The structure must permit symbolic modeling.
2. The structure must reflect both metric and logical constraints.
3. The eventual database must permit access to and indexing of archive files (tapes, diskettes).
4. The software must be compiled in such a manner that acceptable response times can be obtained.

Since it would be difficult to combine all of these requirements in a single system, we propose to produce a model of the final system using a small computer and inexpensive software. This small-scale model will eventually be transferred to larger systems.

A combination of commercial software may enable us to achieve these results and we are currently assessing the various options.

Texture Synthesis Technique Applied to the Reconstruction of the Surface Roughness of an Object

■ P. BOULANGER – A. GAGALOWICZ[1] – M. RIOUX – L. COURNOYER

Our visual perception of an object is determined by the interaction of light with the physical characteristics of the object. These characteristics are as follows: overall 3-D shape of the object, surface roughness, variation in surface reflectance, and color of the object.

Our laser vision sensor can measure with great precision the overall 3-D shape and the variation in surface reflectance of an object. However, the measurement of surface roughness required both lateral and depth resolution, which was incompatible with a measurement of the overall shape of the object. One way to solve this problem is to measure at a high resolution a small part of the object from which we then extract the surface roughness. From these measurements, we can produce a second-order statistical model which will allow us to then synthesize the texture on a smooth surface representing the overall shape of the object. The left-hand side of Fig. 5a shows a gray-scale coded image of surface roughness, and the right-hand side illustrates the synthesis of this texture. This object is the back of an Indian mask which was loaned to us by the Canadian Conservation Institute of the National Museums of Canada. An important implication of this technique is that it is possible to conserve in compressed form both the overall form of an object and its surface roughness. Figure 5b illustrates a 512 × 512 gray-scale image, generated from the 3-D data and shaded, which corresponds to the least-square cubic spline interpolation of the nontextured shape of a part of the object. Figure 5c illustrates the final reconstruction and Fig. 5d is an actual photograph of the same region. The compression factor in this example is therefore:

$$238 = (512 \times 512)/30\ x\text{-axis knots} \times 35\ y\text{-axis knots for the spline} + 50 \text{ synthesis parameters})$$

Integration of Multiple Images

■ P. BOULANGER – M. RIOUX – S. MARTEL[2] – L. COURNOYER

One of the problems of 3-D vision is that it is difficult to produce a model of a complex object by integrating several images of the object taken at different angles. We are currently developing a number of integration techniques, taking into account that the various positions of the 3-D camera with respect to the object can be precisely determined. By simplifying the problem in this manner, we are able to find a simpler relationship between the various points of measurement. However, perfect calibration of the sensor

[1]Temporary assistant from the Institut national de recherches en informatique et en automatique (INRIA), Le Chesnay, France, from July to September 1986.
[2]Summer Assistant from the Informatics Department, Laval University, Quebec, Quebec, from May to August 1986.

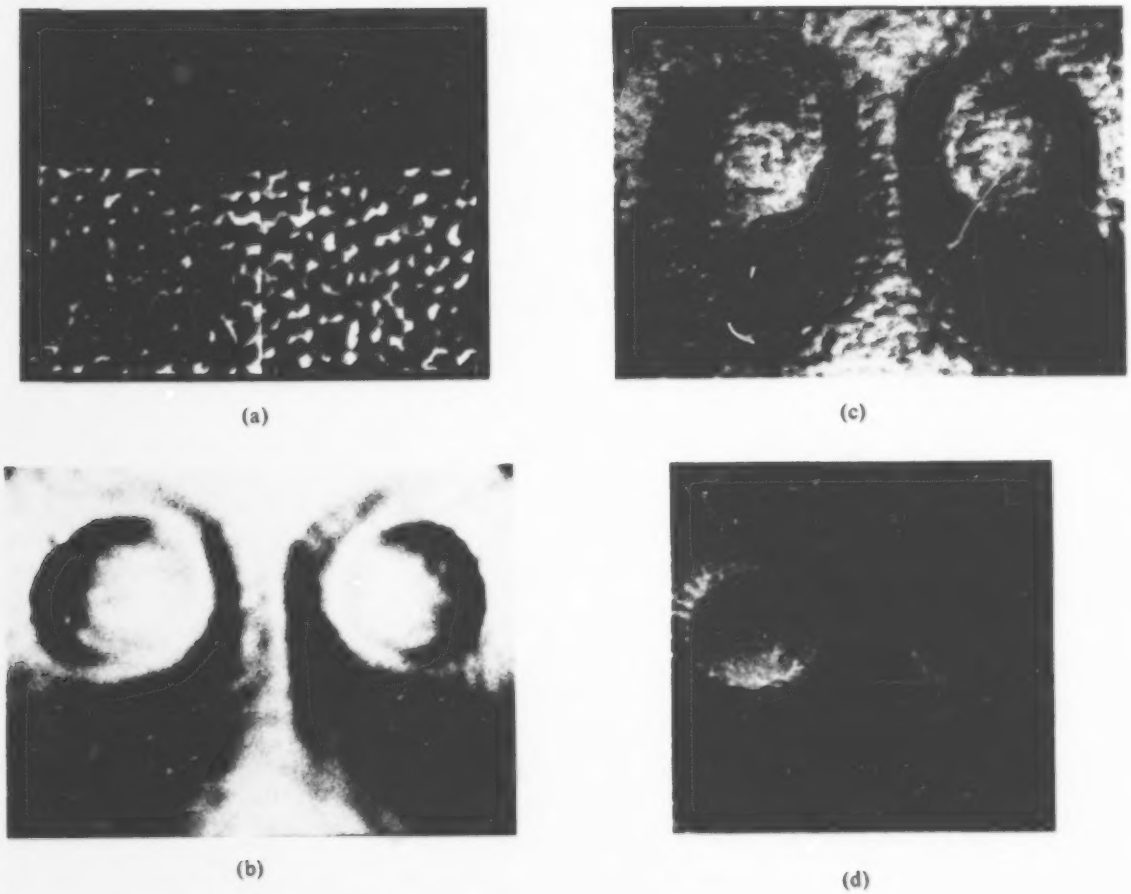


Figure 5 (a) Natural texture on left-hand side, synthetic texture on right-hand side; (b) polished surface of a region at the back of the mask; (c) polished surface and synthetic texture; (d) photo of the same region of the real object with the same lighting conditions as simulated in (b).

becomes necessary since any nonlinearity of the measurement would distort this relationship. The following techniques are being tested:

1. blending of parametric spline surfaces (valid for convex objects). This technique consists of integrating all points from different images into a system of spherical coordinates, the origin of which is situated at the center of the object. Integration is done using a bidimensional cubic spline in which all data are approximated by the modification or deformation of a spherical membrane. This technique was successfully tested on convex objects. One of its major advantages is that the model produced is a cubic surface, or, in other words, it has continuous first- and second-order derivatives. In addition, it is possible to interpolate the surface at all points in space. Although this technique is limited to convex objects, a generalized version for concave objects is under study.
2. integration in 3-D binary space (valid for convex and concave objects). A second technique for integrating multiple images is to consider space to be a set of binary voxels which indicate the presence or absence of a point of a surface. Integration in this space is therefore automatic, since

each point measured by the sensor is transformed in the central system of coordinates, which lights the corresponding voxel. This technique produces a series of binary bit planes which must be triangulated with their neighbors in order to produce a polygonal model of the surface. One of the problems with this method concerns the space occupied by the 3-D binary memory. If we wish to be able to resolve small details, this space can reach dimensions of 512 × 512 × 512, or 131 Mbits. Of course, in practice, the representation of space can be reduced using quad-tree techniques. One of the main advantages of this method is that complex objects — concave, unrelated objects — can be integrated.

A third integration technique using triangulation will also be explored (for convex and concave objects).

Each of the above techniques has advantages and disadvantages; through more detailed study, we might be able to select one of them over the others.

Segmentation of Three-dimensional Images Using Fourier Transformation as an Image Classifier

■ P. Boulanger – M. Rioux

The process of vision can be summarized in the following three main phases: sensing, segmentation, and recognition. Segmentation, the phase between data acquisition and recognition, has so far not achieved the same realtime processing capabilities as the other two phases. Segmentation is a process of classification which makes it possible to go from an image formed by a set of pixels to a map of symbols, which can then be interpreted by a recognition program working at the symbolic level. For example, in the case of range images, the local slopes can be measured and classified in a space having components of the normal vector as coordinates. One of the major limitations of this frequently used method is that a window of transformation (local operator) must be used, the size of which is determined experimentally. To solve these problems, we have developed a new segmentation technique based on the coding of 3-D data which allows us to use the rapid Fourier transformation as the image classifier. One of the major advantages of this technique is that the window of the classifier is always optimal and can be adapted to an object. A second advantage is that this technique can be implemented in real time primarily through the use of optic processes. This gives us calculation times of much less than a second (speed required for industrial automation applications). Figure 6a illustrates a scene comprising geometrically simple objects. In Fig. 6b, we show the image created after coding. In Fig. 6c, we have the Fourier transformation of image b. A cluster in this classification space indicates the presence of inclined planes. The coordinates of these concentrations are proportional to the slope and orientation of the corresponding plane. Segmentation is done by thresholding the spectrum (Fig. 6c), then applying inverse Fourier transformation. Figure 6 d, e, and f illustrate the planes segmented in this manner. The technique can also be used to code complex shapes. On this project, we are working with a group from the Centre national de la recherche scientifique at Université de Clermont, in France.

Interfacing of a Three-dimensional Vision Sensor with a CAD/CAM System

■ P. Boulanger – L. Ruhlmann[1] – K.B. Evans – G. Hill

The creation of geometric databases is usually one of the most complex phases in any computer-assisted design and analysis system. For regularly shaped objects, a description can be achieved using a set of standard geometrical functions. In most cases, a well-trained user can produce virtually any shape using such systems. However, if the object to be entered into the CAD/CAM system is too complex or does not have a formal mathematical description, the user must approximate it as closely as possible using a point-by-point entry of the measurements of the object. To solve this problem, we have developed a system using a 3-D camera based on laser triangulation to digitize objects and an interactive graphic system to edit and visualize the acquired data. A brief description of the five major phases of the project follows:

[1]Temporary assistant from the Centre national de la recherche scientifique, Strasbourg, France, from November 1985 to September 1986.

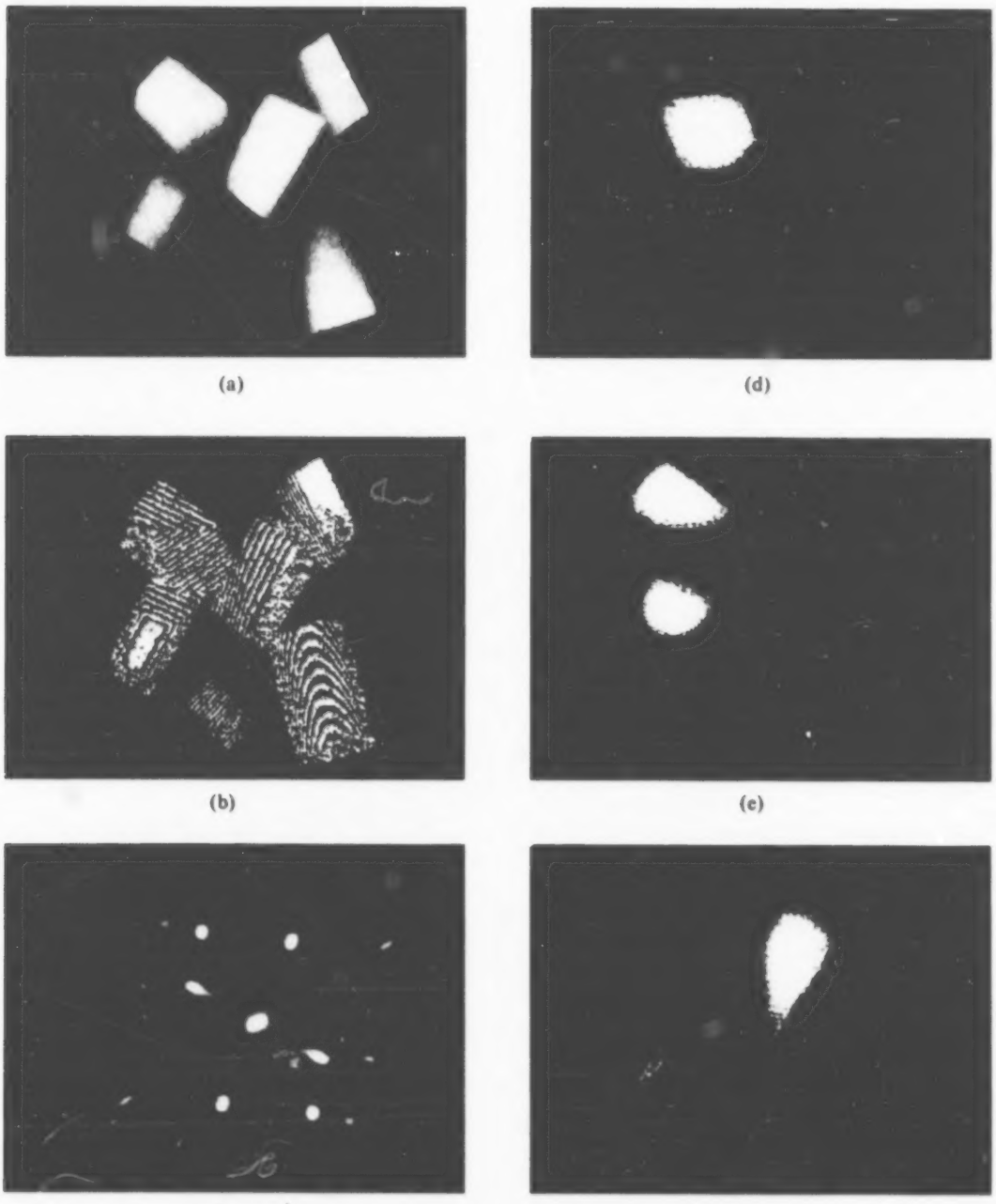


Figure 6 Segmentation of 3-D images using image coding and Fourier transformation. (a) 3-D input image; (b) coded output image; (c) Fourier transformation of (b). (d), (e) and (f) show segmentation of planes using the method described.

1. integration of multiple images to obtain a complete description of the object. The current technique consists of rotating the object on a turntable and digitizing a profile in line scan mode for each angular increment of the table. Each profile corresponds to an angle of 1°.
2. development of a filtering technique to produce images with a continuous first and second derivative in the mathematical sense, where the level of noise or surface roughness can be controlled. The technique currently used was developed at Massachusetts Institute of Technology by Terzopoulos and consists of applying a cubic spline function to the image using the least-squares method; the rigidity varies to take into account real discontinuities in height and orientation.
3. development of digital data compression techniques to eliminate redundant data in images. The present technique consists of an intelligent resampling of data, assuming that these points will be used as control points in a B-spline reconstruction program.
4. development of a surface editor to enable the user to visualize and manipulate the data acquired by the 3-D sensor. This editor uses an Adage/Ikonas RD3000 graphic processor, but must be transferred to an IRIS 3030 work station in the commercial version. It makes it possible to manipulate large quantities of data in real time using a virtual graphics system to extract from the database a workable subset of these data which can be re-entered after modification. This system also makes it possible to display data in a very realistic form using rendering algorithms, such as those of Gouraud and Phong.
5. development of a machine-tool machining program for reproduction of digitized objects. With this program, which uses a modified version of the three-axis machining program developed by J.P. Duncan of the University of British Columbia, we were able to machine the object illustrated in Fig. 7. A version for machining an entire object is also available.

The entire project has been completed and a technology transfer is under way with HYMARC Engineering Limited, which will be responsible for integrating the system in a commercial form.

Figure 7 Comparison between the orginal and the machined mask.

■ Photonic Components for Sensing and Data Processing

■ J. CHROSTOWSKI – A.G. DUFOUR – R. MISNER

The focus of our work has been the design of electro-optic intensity modulators in $LiNbO_3$ and the development of the accompanying technology. At the same time preliminary work has been started on the design of guided-optic devices in GaAs.

High Speed Optical Modulator

An interferometric $LiNbO_3$ travelling wave modulator (1) has been built in collaboration with the Division of Physics and the Power Engineering Section of our Division (Fig. 8). It has been designed for ultra-high-frequency (10 GHz) electric field sensing. Part of this technology is being transferred to the Avionics Division of Canadian Marconi Company.

Reference

1. Landheer, D., Podgorski, A., Chrostowski, J., and Buchanan, M. Integrated electro-optic modulator for ultra-high-frequency electric field sensing. SPIE Proc. 661: 224–228; 1986. NRC 26543.

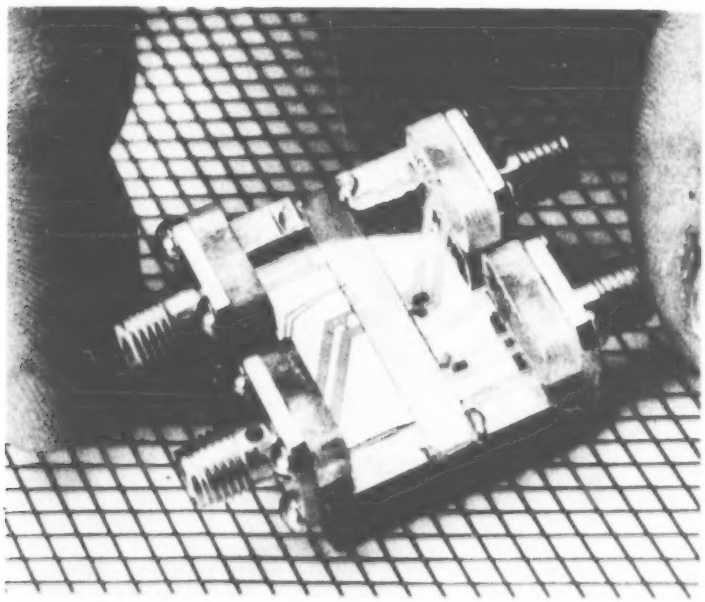


Figure 8 Ultra-high-frequency $LiNbO_3$ modulator. The Mach–Zehnder interferometer is made by titanium indiffusion. Two sets of electrodes modulate both arms of the interferometer.

Guided-wave Attenuator Polarizer

■ J. CHROSTOWSKI – R. GAUTHIER – M. FONTAINE

Another guided-light modulator in $LiNbO_3$ has been analyzed and tested as a cooperative project with Dalhousie University and Université du Québec à Hull. The technology of so-called proton-exchanged waveguides in $LiNbO_3$ has been worked out. It is a relatively new procedure, complementary to the standard Ti-indiffusion, offering very good quality waveguides for, for example, nonlinear optic devices and

guided-wave lenses to be used in realtime data processing. The waveguides, contrary to the Ti-indiffused ones, do not suffer optical damage even from high power green laser light.

Optical Logic Gates on GaAs

■ J. CHROSTOWSKI – S. CHELKOWSKI – R. GAUTHIER – M. CADA[1]

Nonlinear interactions and mixing of optical beams such as frequency conversion, phase conjugation, optical memory effects, and switching offer enormous potential for realtime optical data processing (1, 2). Applications such as the space station or other autonomous systems need computing powers exceeding those of current electronic devices — particularly in the area of rapid pattern recognition. These requirements will have to be fulfilled by inherently parallel fully optical or hybrid opto-electronic technology.

The exploratory research in this area is being continued. The detailed design of the nonlinear guided-wave coupler on GaAs has been done (3). The quantum-well structure (QWS) shows both XOR and NAND logic functions with very low switching energy and will serve as an initial basic switching element in planned experiments. In the ring structure such a nonlinear device exhibits very interesting switching properties leading to bistability and chaos for higher light intensities (4).

One of the most exciting aspects of using semiconductor QWS is the ability to use novel processing techniques such as localized laser controlled deposition and etching. These techniques, when applied properly, can produce integrated opto-electronic device structures, i.e., waveguides, lasers, modulators, detectors, couplers, filters, all on a chip. An IBM PC computer-controlled laser micro-scanner (5) recently set up (*Bulletin of the Division of Electrical Engineering*, Vol. 2, No. 6) offers a resolution of 0.1 μm with diffraction limited spot $\sim$1 μm and will be used for this purpose.

A technique for slant-angle high-quality polishing of the semiconductor samples has been developed (Fig. 9). It permits direct optical inspection of the QWSs grown (by, for example, molecular beam epitaxy) layers as thin as only 100 Å or less.

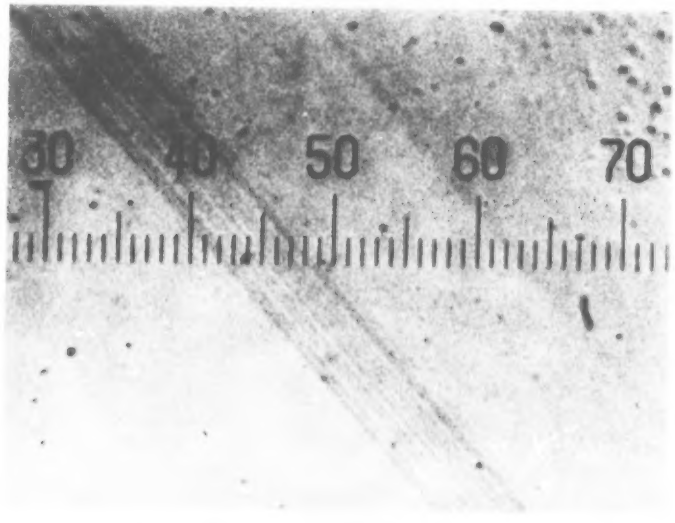


Figure 9 The molecular beam epitaxy layers in GaAs grown in the Laboratory of Microstructural Sciences polished at 0.5° angle. Sample no. 10: 10 layers of AlGaAs 70 Å and GaAs 180 Å. The smallest scale corresponds to 10 μm.

[1]Visiting research scientist from the Technical University of Nova Scotia, Halifax, Nova Scotia, from June to July 1986.

References

1. Optical Computing, IEEE Spectrum, 23(8): 1986.
2. Special issues on optical computing, Appl. Opt. 25(10 & 14): 1986.
3. Cada, M., Gauthier, R., Paton, B.E., and Chrostowski, J. Appl. Phys. Lett. 49: 755; 1986; SPIE Proc. 704: 1986.
4. Hoffe, R., and Chrostowski, J. Optical pulse compression and breaking in nonlinear fiber couplers. Opt. Commun. 57(1): 34–38; 1986.
5. Gauthier, R., Chrostowski, J., Paton, B., and Cada, M. Mask making using a laser writing system. Proc. SPIE, 704: 1986.

Fiber Optic Sensors

■ J. LEGENDRE[1] – R. MISNER – P. GARIÉPY

Activity on this project was in a wrap-up phase during 1986. The bulk of the work concerned the fiber optic reflectometer which was described in the previous *Bulletin* (Vol. 2, No. 6). The use of the reflectometer as a sensor of physiological parameters was described in two publications during the year. As well, two sets of trials were conducted with workers from the Medical Engineering Section of the Division of Electrical Engineering and from the Division of Biological Sciences in an attempt to determine whether nerve activity could be monitored using the fiber reflectometer. It was known that optical changes accompanied action potentials in nerve fibers. It was unclear, however, whether the related change in optical index was large enough to be detected using our technique. Both sets of trials produced negative results and subsequent analysis indicated that, while the technique was not unreasonable, the sensitivity of the optical system would need to be significantly improved to yield viable measurements. As well, two trials were conducted with this equipment at the request of outside researchers. The first of these was at the request of a group headed by M. Pate and A. Bergles at the Department of Mechanical Engineering of Iowa State University. They were seeking a method of detecting and measuring the presence of oil in the refrigerant fluid of closed cooling systems. A successful trial was conducted using samples provided by that group. The last trial was conducted at the request of A. Meisen's group at the Department of Chemical Engineering of the University of British Columbia. The problem in this case involved sensing the presence of urea in water. Again a test was conducted on samples provided by U.B.C. The results were encouraging and are contained in a short report sent to the principal investigator on October 28, 1986.

RECENT PAPERS — PHOTONICS AND SENSORS SECTION

Published

- ☐ BLAIS, F., AND RIOUX, M. Real-time numerical peak detector. Signal Process. 11: 145–155; 1986. NRC 26561.
- ☐ BLAIS, F., AND RIOUX, M. BIRIS: A simple 3-D sensor. Proceedings of SPIE 1986, Optics, Illuminations, and Image Sensing for Machine Vision, Cambridge, MA. October 26–31, 1986. Vol. 728, pp. 235–242. NRC 27507.
- ☐ BLAIS, F., RIOUX, M., AND POUSSART, D. A very compact three-dimensional camera for robotic applications. Text and Measurement World. April 1986. pp. 65–66. NRC 27508.
- ☐ BOULANGER, P., EVANS, K.B., RIOUX, M., AND RUHLMANN, L. Object input for CAD/CAM using a 3D laser scanner. Proceedings of the 8th Symposium on Engineering Applications of Mechanics, Sherbrooke, P.Q. June 8–10, 1986. pp. 100–106. NRC 25446.

[1]Transferred to the Management Services Branch, National Research Council of Canada, January 1987.

- ☐ Boulanger, P., Evans, K.B., Rioux, M., and Ruhlmann, L. Object input between a 3-D laser scanner and a CAD/CAM system. 5th Canadian CAD/CAM & Robotics Conference and Exposition, Toronto, Ont. June 17–19, 1986. pp. 731–737. NRC 27781.
- ☐ Cada, M., Gauthier, R.C., Paton, B.E., and Chrostowski, J. Nonlinear guided waves coupled nonlinearly in a planar GaAs/GaAlAs multiple quantum well structure. Appl. Phys. Lett. 49(13): 756–758; 1986. NRC 26772.
- ☐ Cada, M., Gauthier, R., Chrostowski, J., and Paton, B. Multiple-quantum-well nonlinear coupler. Proceedings of SPIE's "Fiber Laser '86" Symposium, Cambridge, MA. September 14–20, 1986. Vol. 704. NRC 26541.
- ☐ Chartier, P. Étude préliminaire d'une base de données pour un poste de travail graphique 3-D. NRC/ERB-999, April 1987. 9 pages. NRC 26862.
- ☐ Chartier, P., and Blais, F. A semi-automatic system for document preparation. NRC/ERB-983, May 1986. 11 pages. NRC 25786.
- ☐ Cournoyer, L. Procédure d'ajustement et de calibration pour capteur tri-dimensionnel à balayage synchronisé. NRC/ERB-998, January 1987. 200 pages. NRC 27433.
- ☐ Gauthier, R., Chrostowski, J., Paton, B., and Cada, M. Mask making using a laser writing system. Proceedings of SPIE's "Fiber Laser '86" Symposium, Cambridge, MA. September 14–20, 1986. Vol. 704. NRC 26542.
- ☐ Hoffe, R., and Chrostowski, J. Single-mode optical fiber ring resonator and nonlinear coupling. Proceedings of the SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Science and Engineering, Quebec, P.Q. June 2–6, 1986. Vol. 667: pp. 192–196. NRC 25928.
- ☐ Landheer, D., Podgorski, A., Chrostowski, J., and Buchanan, M. Integrated electro-optic modulator for ultra-high-frequency electric field sensing. Proceedings of the SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Science and Engineering, Quebec, P.Q. Vol. 661. June 2–6, 1986. NRC 26543.
- ☐ Legendre, J.P., and Forester, G.V. A fibre optic sensor of physiological parameters. Proceedings of SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Sciences and Engineering, Quebec, P.Q. June 2–6, 1986. Vol. 661: pp. 218–223. NRC 25929.
- ☐ Legendre, J.P., Misner, R., Forester, G.V., and Geoffrion, Y. A simple fibre optic monitor of cardiac and respiratory activity for biomedical magnetic resonance applications. J. Magn. Reson. Med. 3(6): 953–957; 1986. NRC 27509.
- ☐ Livingston, F.R., and Rioux, M. Development of a large field of view 3-D vision system. Proceedings of SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Sciences and Engineering, Quebec, P.Q. June 2–6, 1986. Vol. 665: pp. 188–194. NRC 25927.
- ☐ Rioux, M., and Blais, F. Compact three-dimensional camera for robotic applications. J. Opt. Soc. Am. A3(9): 1518–1521; 1986. NRC 26550.
- ☐ Rioux, M., Boulanger, P., and Kasvand, T. Segmentation of range images using sine wave coding and Fourier transformation. Appl. Opt. 26(2): 287–293; 1987. NRC 27510.

Presented

- ☐ Blais, F., Rioux, M., and Poussart, D. BIRIS: Une caméra de vision tri-dimensionnelle pour applications industrielles. 54e Congrès de l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Montreal, P.Q. May 12–16, 1986.
- ☐ Boulanger, P. Utilisation d'un capteur tridimentionnel dans un environment CAO/FAO mécanique. NRC/DEE Science Association, Ottawa, Ont. May 15, 1985.
- ☐ Boulanger, P. 3-D system used and its use to solve vision problems. Fraunhofer Institute, Freiburg, Germany. October 1985.

- ☐ Boulanger, P. Capteurs de vision 3D et ses applications en vision et en CFAO. Institut national de recherche en informatique et en automation (INRIA), Domaine de Voluceau, France. October 2, 1985.
- ☐ Boulanger, P. Capteurs de vision 3D et ses applications en vision et en CFAO. Laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes (LAAS), Toulouse, France. October 5, 1985.
- ☐ Boulanger, P., Rioux, M., and Evans, K.B. Interface entre un système de vision tridimensionnelle et un système CFAO. 54e Congrès de l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Montreal, P.Q. May 12–16, 1986.
- ☐ Chrostowski, J. Integrated optics. Department of Electrical Engineering, University of Ottawa, Ottawa, Ont. December 2, 1986.
- ☐ Gauthier, R.C., Paton, B.E., Cada, M., and Chrostowski, J. Measurement of the near field radiation pattern by knife-edge scanning technique. 1986 Canadian Association of Physicists Congress (CAP '86), Edmonton, Alta. June 23–25, 1986.
- ☐ Gauthier, R.C., Paton, B.E., Cada, M., and Chrostowski, J. Integrated-optic attenuators. 1986 Canadian Association of Physicists Congress (CAP '86), Edmonton, Alta. June 23–25, 1986.

Patents

- ☐ Blais, F. Peak position detector. U.S. Patent No. 4,658,368. April 4, 1967.
- ☐ Rioux, M. Three dimensional imaging method and device. U.S. Patent No. 4,627,734. December 9, 1986.
- ☐ Rioux, M. Three dimensional imaging device. U.S. Patent No. 4,645,347. April 1987.

ROBOTICS AND AUTOMATION SECTION

Section Head — M.A. Barakat

■ Introduction

The Robotics and Automation Section is a new section of the Laboratory for Intelligent Systems. It is located at the Canadian Institute of Industrial Technology in Winnipeg, Manitoba.

The Section will conduct research in direct support of industry, in cooperation with partners from industry and universities. The main program thrusts will be in the areas of:

1. Sensor-based Robotics: applied research and development on advanced robotic systems that can understand and adapt to uncertainties in their work environment
2. Industrial Automation: applied research and development in the area of computer integrated production and testing
3. Artificial Intelligence and Expert Systems: development of knowledge-based systems in the areas of expertise of participating industrial partners.

The research is expected to be related to industrial sectors such as manufacturing, processing, and resource exploitation. Projects of the Section will draw heavily on existing expertise in the Laboratory for Intelligent Systems, other Laboratories within the Division of Electrical Engineering, and other NRC Divisions.

■ Projects

A number of industrial projects have been identified and are expected to begin early in 1987–88.

Novel Coordinate Measuring Machine

Develop a coordinate measuring machine (CMM) that is CAD-compatible and machine attachable and would permit inspection of machined parts at each critical stage in the manufacturing process.

Advanced Automated Processing for "DiffractoSight" Images

Develop algorithms to automate the processing of the "DiffractoSight" image, for sheet metal inspection and for other new areas such as stress analysis and nondestructive testing.

Knowledge-based PABX Remote Diagnostic and Maintenance System

Develop an expert system for remote diagnosis and maintenance of private automatic business exchanges (PABX's).

Manufacturing Application Languages

Extend existing proprietary manufacturing application languages to cover coordinate measuring machines and robots, as well as solid modeling and a family of plastic injection molding software.

Expert Model Order System

Develop an AI-based model order system to support planning and marketing activities for a large garment manufacturer.

Automated Nondestructive Testing and Inspection

Develop an automated X-ray tomography inspection system. The measurement will be automatically compared with CAD information and components will be accepted or rejected based on preset requirements.

Advanced Projects in the Field of Robotic Welding

Develop a sensor-based off-line programming system for robotic welding cells.

Knowledge Systems Centre

Establish an industry-operated center at CIIT to aid in transferring the application of Artificial Intelligence Technology to Canadian Industry.

■ Equipment

Priority in 1986–87 was given to making core equipment purchases to serve as broad a range of participant interests as possible. Equipment acquisitions included a central computing facility (VAX cluster and peripherals), a distributed computer systems network, general laboratory test equipment, microprocessor development equipment, artificial intelligence workstations and expert systems development software, vision system, manufacturing application software, graphics software, and a robot.

Arrangements were also made for the transfer to CIIT of previously acquired equipment from other NRC, Manitoba Research Council, and University of Manitoba locations.

RECENT PAPERS — MISCELLANEOUS PUBLICATIONS

Published

- ☐ SCRIMGEOUR, J. Expert systems — a review of their potential and application in Canada. Proceedings of the 1986 Canadian Conference on Industrial Computer Systems (CICS '86), Montreal, P.Q. May 28–30, 1986. pp. 17.1–17.8.
- ☐ BURTNYK, N., SCRIMGEOUR, J., UDD, J.E., AND PATHAK, J. Recent developments in remote mining systems. Annual General Meeting of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Montreal, P.Q. May 11–15, 1986. Also CANMET, Division Report, M&ET/MRL, 86-56 (OP).
- ☐ SCRIMGEOUR, J. Development of the CAD/CAM infrastructure in Canada: 1975–1985. Proceedings of the 5th Canadian CAD/CAM & Robotics Conference, Toronto, Ont. June 17–19, 1986. Addendum pp. 5–29.
- ☐ NENONEN, L., SCRIMGEOUR, J., PATHAK, J., AND UDD, J.E. Mining automation activities at NRC and CANMET. Proceedings of the First Canadian Symposium on Automation in Mining, Sudbury, Ont. October 14–16, 1986. Paper 4. Also CANMET, Division Report, M&ET/MRL 86-100 (OP/J).

Presented

- ☐ SCRIMGEOUR, J. Expert systems — a review of their potential and application in Canada. CAD/CAM '86, Montreal, P.Q. September 16–18, 1986. (Invited.)
- ☐ SCRIMGEOUR, J. Mining automation. Second CANMET Consultative Workshop on Mining Automation, Sudbury, Ont. October 17, 1986.
- ☐ SCRIMGEOUR, J. CAD & CAM — a micro and macro viewpoint. Micro Computer-Based CAD and CAM Workshop and Trade Show, Fredericton, N.B. November 26–27, 1986. (Invited.)
- ☐ SCRIMGEOUR, J. Transformative technologies: CAD/CAM, Robotics, CIM and AI. Dept. of Electrical Engineering Graduate Seminar, University of Ottawa, Ottawa, Ont. January 16, 1987. (Invited.)
- ☐ SCRIMGEOUR, J. Expert systems — a review of their potential and application in Canada. Artificial Intelligence (Expert Systems) Symposium, National Research Council, Ottawa, Ont. January 29, 1987.

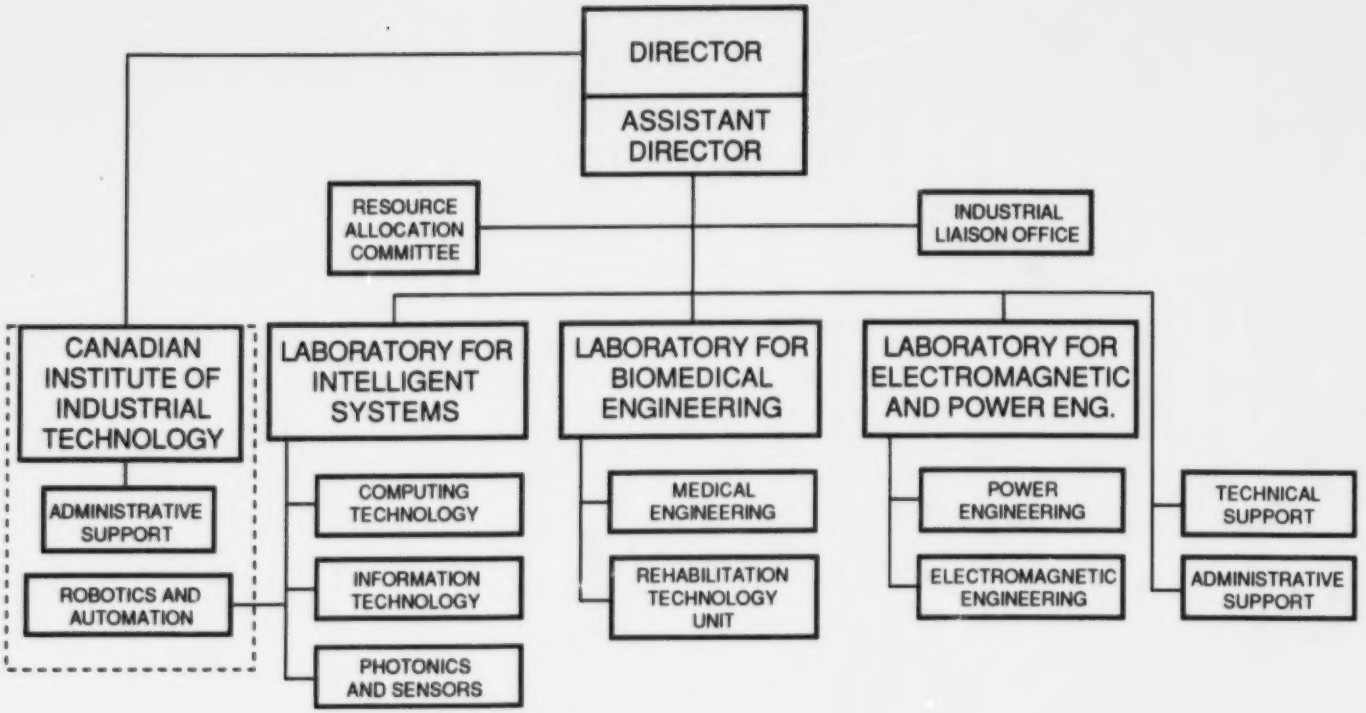


Figure A1 Organization chart of the Division of Electrical Engineering, March 31, 1987.

APPENDIX B

Staff of the Division of Electrical Engineering March 31, 1987

Director – Mr. S.A. Mayman

Assistant Director – Dr. M.M.C. Collins

Administrative Officer – Mrs. M. Fox

Director's Secretary – Mrs. A.C. Dunn

Industrial Liaison Officer – Mr. A.M. Hlady

Assistant Industrial Liaison Officer – Dr. K. Birnbaum

Principal Research Engineer – Dr. J.Y. Wong

ADMINISTRATION AND SERVICES

- **Administrative Office**

Kenny, S.
Lambert, C.
Manson, M.

- **Building Coordinator**

Houle, C.

- **Editorial Office**

Kidd, E.M.
Tierney, T.A.

- **Supply Office and Stores**

Weston, G.H.
Lajeunesse, M.
Lamont, J.D.
Moodie, R.J.
Osborn, L.
Purney, S.J.
Taggart, S.J.
Wilson, D.G.D.

■ Development Workshops

Milne, D.F.

Bouchard, S.
Bramall, B.K.
Dunlop, D.A.
Farr, B.C.
Franklin, W.
Hendley, J.G.
Kritsch, R.A.
L'Abbé, P.C.
Legere, J.
Marchington, D.C.
Pollex, G.P.
Poulin, D.A.W.
Preece, N.
Reid, D.G.
Taylor, A.R.
Tierney, K.G.
Williscroft, G.

Guest Worker

Adamczyk, S.[1]

■ Drafting and Photography Section

Eamer, C.C.

Ablack, V.G.
Amirault, P.
Cameron, L.A.
Gamache, D.
Schoenherr, K.
Vallières, R.A.
Walker, G.D.

■ DEE Branch Library, CISTI

Dyment, J.
Day, M.

LABORATORY FOR BIOMEDICAL ENGINEERING

Laboratory Head — Mr. O.Z. Roy

■ Medical Engineering Section

Scientific Staff

Roy, O.Z.
Black, R.C.
Crabtree, D.
Durie, N.D.
Forester, G.V.
Korba, L.W.
Mortimer, A.J.
Nelson, P.J.
Pauls, J.L.

Technical Staff

Farley, R.
LaFleur, C.
McSheffrey, L.
Park, G.C.
Saver, W.
Scott, J.
Skrypnyk, R.
Statham, A.
Trollope, B.J.
Villeneuve, E.J.

Visiting Research Officer

Foux, A.[2]

Guest Workers

Gilbert, S.[2]
Hranchuk, K.[3]
Jinsheng, L.[4]
Lovas, M.A.[5]

[1]Colonel By Secondary School, Gloucester, Ontario.
[2]University of Ottawa, Ottawa, Ontario.
[3]Consultant, Ottawa, Ontario.
[4]China Rehabilitation Research Centre, Beijing, China.
[5]Ottawa Civic Hospital, Ottawa, Ontario.

■ **Rehabilitation Technology Unit**

Scientific Staff	*Technical Staff*	*Technical Staff (Cont'd)*
Batelaan, J.	Ayvazyan, H.	Tam, M.
Bennett, W.G.	Kerr, S.A.	Tremblay, R.
Clark, I.P.		

LABORATORY FOR ELECTROMAGNETIC AND POWER ENGINEERING

Laboratory Head (Acting) — Dr. M.M.C. Collins

■ **Electromagnetic Engineering Section**

Scientific Staff	*Technical Staff*	*Guest Workers*
Kashyap, S.	Allan, L.E.	Gray, R.E.[1]
Antar, Y.M.M.	Gibson, G.	Hendry, A.[2]
Balaberda, R.	Markell, R.C.	Lahey, D.[1]
Campbell, J.B.	Wolfe, J.	
Mishra, S.R.		
Shih, L.Y.		
Wyslouzil, W.		

■ **Power Engineering Section**

Scientific Staff	*Technical Staff*	*Guest Workers*
Densley, R.J.	Angelo, D.J.	Arnold, B.[3]
Arseneau, R.J.	Bennett, D.	Chow, W.[4]
Bamji, S.S.	Cassidy, B.R.	Hanes, G.[4]
Brown, W.G.	Cook, P.R.	Lightfoot, H.[3]
Bulinski, A.T.	Coupal, J.J.	Qian, Y.[5]
Filipski, P.S.	Dunn, J.G.	Quang, L.[4]
McComb, T.R.	Grünwald, A.	Snippe, R.[3]
Moore, W.J.M.	Hoffman, D.R.	***Co-op Students***
Podgorski, A.S.	Robert, J.E.P.	Au, C.[6]
So, E.	Rocheleau, D.O.	Vu, C.[7]
	Sabourin, L.	
	Zelle, J.J.	

[1]Parabolics Communications Inc., Ottawa, Ontario.
[2]Retired August 1986.
[3]Ridgemont High School, Ottawa, Ontario.
[4]Ottawa Technical High School, Ottawa, Ontario.
[5]Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China.
[6]Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland.
[7]University of Alberta, Edmonton, Alberta.

LABORATORY FOR INTELLIGENT SYSTEMS

Laboratory Head — Dr. M.M.C. Collins

Senior Advisor — Mr. J. Scrimgeour

■ Computing Technology Section

Scientific Staff

Burtnyk, N.
Abdelmalek, N.N.
Archibald, C.
Beaulieu, J.-M.
Bechthold, G.H.
Elgazzar, S.
Evans, K.B.
Gentleman, W.M.
Green, D.A.
Hung, S.H.Y.
MacKay, S.A.

Scientific Staff (Cont'd)

Merritt, C.
O'Hara, D.H.
Parr, R.
Roth, G.
Shepertycki, T.H.
Stewart, D.
Wein, M.

Technical Staff

Binch, A.T.
Colwell, M.
Duggan, M.D.
Taylor, D.G.

Visiting Research Scientist

Umeyama, S.[1]

Guest Worker

Kasvand, T.[2]

■ Information Technology Section

Scientific Staff

Brahan, J.W.
Davidson, P.
Famili, A.
Farley, B.
Henneker, W.H.
Lam, K.P.
Neal, G.
Orchard, R.A.
Phan, C.S.
Vernadat, F.B.
Wylie, R.H.

Technical Staff

Booth, T.A.
Born, R.V.
Duford, C.
McEwan, L.J.E.
Orpana, F.P.
Shevel, R.

Research Associate

Parent, A.

Guest Workers

Bégin, Y.[3]
James, K.[4]

[1]Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japan.
[2]Consultant, Ottawa, Ontario.
[3]Institut national de la recherche scientifique, University of Quebec, Quebec, Quebec.
[4]DMR Group Incorporated, Ottawa, Ontario.

■ **Photonics and Sensors Section**

Scientific Staff

Domey, J.
Blais, F.
Boulanger, P.B.
Chartier, P.
Chrostowski, J.
Rioux, M.

Technical Staff

Alie, F.E.
Cournoyer, L.
Dufour, A.G.
Gariépy, P.
Misner, R.

Research Associate

J.A. Beraldin

Guest Workers

Alie, B.[1]
Beranek, B.[2]
Blaha, F.[3]
Bock, W.J.[4]
Didier, L.[2]
Fontaine, M.[4]
Fraser, A.[1]
Gauthier, R.[5]

Guest Workers (Cont'd)

Harlen, N.[6]
Hill, G.[1]
Lemordant, J.[7]
Livingstone, F.[1]
Szyszkowicz, M.[8]
Thomas, M.[1]
Tulai, A.[1]

Temporary Assistant

Chelkowski, S.[8]

■ **Robotics and Automation Section**

Scientific Staff

Barakat, M.A.
Allston, J.
Neilson, G.B.
Pizzi, N.
Rao, D.
Sawatzky, G.D.
The, H.G.
Wu, C.J.

Secretary

Gareau, D.

CANADIAN INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

Director – Mr. S.A. Mayman

Operations Manager – Mr. J.P. Reise

[1]HYMARC Engineering Limited, Ottawa, Ontario.
[2]Servo-Robot Inc., Boucherville, Quebec.
[3]Canadian Marconi Company, Montreal, Quebec.
[4]Université du Québec à Hull, Hull, Quebec.
[5]Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia.
[6]Cairine Wilson Secondary School, Orleans, Ontario.
[7]Université de Grenoble, Laboratoire Artemis, St. Martin d'Héres, France.
[8]Consultant, Ottawa, Ontario.

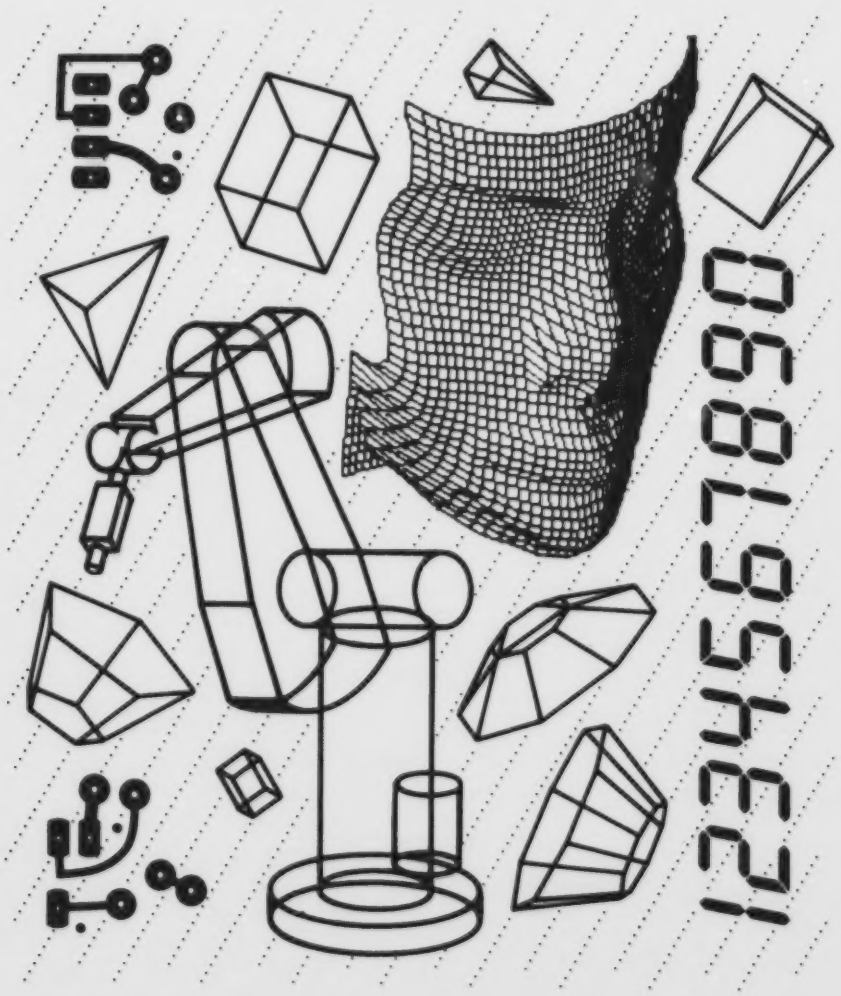
Conseil national de recherches Canada
National Research Council Canada

Division de génie électrique
Division of Electrical Engineering

ISSN 0706-568X

Bulletin de la Division de génie électrique

1986–1987



Canada

CNRC nº 27685

Bulletin de la Division de génie électrique
1986–1987

BULLETIN
de la
Division de génie électrique

CNRC Ottawa Mai 1987 Volume 3 Numéro 1

Copyright 1987 par Conseil national de recherches du Canada

Il est permis de citer de courts extraits et de reproduire des figures ou tableaux du présent bulletin, à condition d'en identifier clairement la source.

Des exemplaires supplémentaires gratuits peuvent être obtenus à l'adresse suivante:

Bureau des publications, Pièce 301
Division de génie électrique
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa (Ontario) Canada
K1A 0R8

TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION 1
BUREAU DES RELATIONS INDUSTRIELLES 3

LABORATOIRE DE GÉNIE BIOMÉDICAL

Introduction 5
Génie de l'adaptation et de la réadaptation 5
Objectifs 5

UNITÉ DE TECHNOLOGIE DE LA RÉADAPTATION 7
Introduction 7
Technologie de la production d'aides pour handicapés ..... J. Batelaan – W.G. Bennett – I.P. Clark – H. Ayvazyan – M. Tam – R. Tremblay – S.A. Kerr 7
Keypad 7
Keypad Trainer 7
Encoscan 7
Émulateur de la souris du Macintosh 8
Comboard 9
MÉMOIRES RÉCENTS — UNITÉ DE TECHNOLOGIE DE LA RÉADAPTATION 9

GÉNIE MÉDICAL 11
Génie de l'adaptation/réadaptation 11
Technologie pour les déficients développementaux ..... N.D. Durie – K. Hranchuk – J. Ehrenworth – J.R. Charbonneau – R.L. Farley 11
Le système à clavier MOD ..... P.J. Nelson – L. Korba – C. Lafleur – G.C. Park – W. Saver 14
Sécurité dans les bâtiments ..... J. Pauls 16
Les effets des rayonnements non ionisants 17
Objectifs 17
Étude de la contractilité du muscle cardiaque par résonance magnétique ..... G.V. Forester – E.J. Villeneuve – J. Scott 17
Altération de la contractilité du myocarde par l'utilisation d'ultrasons de diagnostic simulés ..... A.J. Mortimer – B.J. Trollope – E.J. Villeneuve – J. Scott 18
Effets des ultrasons sur le transport de l'oxygène ..... A.J. Mortimer – B.J. Trollope 19
Angioplastie au laser guidée par ultrasons 21
Amélioration des renseignements biologiques 21
Objectif 21
Analyse structural non effractive des tissus calcifiés ..... R.C. Black – A. Foux – C. Merritt – O.J. Svec – H.K. Uhthoff – L. McSheffrey – R. Skrypnyk – M.A. Lovas – G.W.D. Armstrong – J.P. Murnaghan 22
Paradigmes de découverte pour la classification taxonomique des maladies ..... D. Crabtree – J.W. Brahan – H.T.J. Mount – M. Niktash – I.S. Pressman 25
MÉMOIRES RÉCENTS — GÉNIE MÉDICAL 26

LABORATOIRE DE GÉNIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET D'ÉNERGIE

GÉNIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE 31

Introduction 31

Applications industrielles des micro-ondes 31

Hyperthermie électromagnétique à 915 MHz — W. Wyslouzil - S. Kashyap 31

Mesures diélectriques aux radiofréquences et hyperfréquences — J. Ayer 33

Bloc d'alimentation à magnétron — J. Ayer 34

Radar de mesures des précipitations et propagation des ondes — A. Hendry - Y.M.M. Antar - L.E. Allan 34

Analyse numérique — J.B. Campbell 35

Compatibilité électromagnétique — S. Kashyap - S.R. Mishra 36

Conception et mise au point d'antennes — S.R. Mishra - R. Balaberda - J. Hazell 38

Déformation des impulsions dans les fibres optiques — L.Y. Shih 39

MÉMOIRES RÉCENTS — GÉNIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE 39

ÉNERGIE 43

Introduction 43

Mesures de puissance et d'énergie — W.J.M. Moore - E. So - R. Arseneau - P.S. Filipski - P.N. Miljanic - L.S. Czarnecki - B. Cassidy - J. Zelle - L. Sabourin - D. Rocheleau - D. Angelo - D. Bennett 43

Transformateur de courant à circuit électronique 45

Convertisseur numérique/analogique de multiplication à 25 bits 45

Étalon de pertes dues à la charge 45

Étalonnages 45

Diélectriques — A. Bulinski - S. Bamji - J. Densley - P. Robert - T. Grünwald 45

Milieu humide 45

Milieu sec 46

Recherches sur les circuits de mesure de choc à haute tension — T.R. McComb 47

Recherches internationales sur les circuits de mesure de choc à haute tension 47

Utilisation de matériel numérique dans les laboratoires de haute tension 47

Normes 47

Aide à l'industrie 48

Recherche sur la foudre 48

Impulsions ultra-rapides — A.S. Podgorski - J. Dunn 48

Impulsions électromagnétiques de foudre 48

Protection contre les impulsions électromagnétiques 49

Mesures d'impulsions électromagnétiques 49

MÉMOIRES RÉCENTS — ÉNERGIE 50

LABORATOIRE DES SYSTÈMES INTELLIGENTS

AUTOMATIQUE 53

Introduction 53

Architectures de multiprocesseurs pour la commande en temps réel 53

Le système d'exploitation Harmony — W.M. Gentleman - S.A. MacKay - R. Parr - D. Stewart - M. Wein 53

Étude sur le bus VME — D.A. Green 56

Modernisation intérimaire du processeur 68020 ..... D.A. Green – D. Stewart 57
Infographie 57
Poste de travail de planification des tâches robotisées ..... D.A. Green – S.A. MacKay – M. Wein 57
Édition des données tridimensionnelles du télémètre laser ..... K.B. Evans – L. Ruhlmann 58
Robotique à capteurs 59
Commande robotisée ..... D.H. O'Hara – S. Elgazzar – D.A. Green 59
Scanner de profile monté sur le poignet ..... G.H. Bechthold – D.G. Taylor – M.D. Duggan – G. Roth – C. Merritt 60
Programmation et planification des tâches ..... K.B. Evans – T.H. Shepertycki 63
Vision par ordinateur 64
Procédés mathématiques pour l'analyse des images ..... N.N. Abdelmalek 64
Vision bidimensionnelle ..... T. Kasvand – N.N. Abdelmalek – H. Yamada 64
Traitement des images radar et reconnaissance des objets tridimensionnels ..... T. Kasvand – S.H.Y. Hung – N.N. Abdelmalek – H. Yamada – M. Hospital – S. Umeyama 65
Reconnaissance d'objets tridimensionnels isolés au moyen des paramètres d'invariants de moment ..... S.H.Y. Hung 67
MÉMOIRES RÉCENTS — AUTOMATIQUE 67

INFORMATIQUE 71
Introduction 71
Systèmes à base de connaissances ..... W.H. Henneker – J.W. Brahan – B. Farley – P.L. Davidson – R.A. Orchard – A. Parent – C.S. Phan – F.B. Vernadat 71
Traitement des connaissances pour les systèmes intégrés ..... P.L. Davidson 72
Conseiller intelligent ..... J.W. Brahan – B. Farley – A. Parent – R.A. Orchard – C.S. Phan 72
NATAL 73
Implementation de NATAL ..... J.W. Brahan – B. Farley – W.H. Henneker – R.A. Orchard – C.S. Phan 73
Norme NATAL ..... R.A. Orchard 73
Collaboration avec le ministère de la Défense nationale ..... R.A. Orchard – C.S. Phan – R. Shevel – R.V. Born 73
Systèmes d'informations techniques ..... F.B. Vernadat – A. Famili – W.H. Henneker – K.P. Lam – R.H. Wylie 74
Introduction 74
Réalisations actuelles 75
Conclusion 75
Base de données de micro-ordinateur pour applications polyvalentes en fabrication ..... F.B. Vernadat – R.H. Wylie 77
Développement d'un gestionnaire d'intégrité perfectionné pour DBS/R ..... A. Famili 78
MÉMOIRES RÉCENTS — INFORMATIQUE 79

PHOTONIQUE ET CAPTEURS 81
Introduction 81
Vision tridimensionnelle 81
Capteurs de vision tridimensionnelle ..... M. Rioux – L. Cournoyer – F. Blais – J.-A. Beraldin – R. Misner – A.G. Dufour – P. Gariépy 81
Développement d'un logiciel de base de données pour un poste de travail CAO/FAO tridimensionnel ..... P. Chartier – P. Gariépy 85
Technique de synthèse de textures appliquées à la reconstruction de la rugosité de surface d'un objet ..... P. Boulanger – A. Gagalowicz – M. Rioux – L. Cournoyer 86
Intégration de vues multiples ..... P. Boulanger – M. Rioux – S. Martel – L. Cournoyer 88

Segmentation d'images 3-D utilisant comme classificateur la transformée de Fourier ... P. Boulanger – M. Rioux 88
Interface entre un capteur de vision tridimensionnelle et un système de CAO/FAO ... P. Boulanger – L. Ruhlmann – K.B. Evans – G. Hill 89
Composants photoniques pour la détection et le traitement des données ... J. Chrostowski – A.G. Dufour – R. Misner 91
Modulateur optique très rapide ... 91
Polarisateur atténuateur à ondes guidées ... J. Chrostowski – R. Gauthier – M. Fontaine 92
Portes logiques optiques sur GaAs ... J. Chrostowski – S. Chelkowski – R. Gauthier – M. Cada 92
Capteurs à fibres optiques ... J. Legendre – R. Misner – P. Gariépy 94
MÉMOIRES RÉCENTS — PHOTONIQUE ET CAPTEURS ... 94

ROBOTIQUE ET AUTOMATISATION ... 97
Introduction ... 97
Projects ... 97
Nouvel appareil de mesure des coordonnées ... 97
Algorithmes de traitement des images «DiffractoSight» ... 97
Système de télédiagnostic et de télémaintenance d'autocommutateurs privés automatiques à base de connaissances ... 97
Langages pour applications de fabrication ... 97
Système expert de commande de modèles ... 98
Inspection et essais non destructifs automatisés ... 98
Produits de pointe dans le domaine des robots de soudage ... 98
Centre des systèmes experts ... 98
Matériel ... 98
MÉMOIRES RÉCENTS — PUBLICATIONS DIVERSES ... 99

ANNEXE A — ORGANIGRAMME ... 101
ANNEXE B — LISTE DE PERSONNEL ... 102

DIVISION DE GÉNIE ÉLECTRIQUE

INTRODUCTION

L'Introduction du Bulletin 1985/86 faisait état des changements amorcés dans la Division de génie électrique; ce processus s'est poursuivi l'an dernier. En raison de plusieurs facteurs, y compris le contenu du plan quinquennal du CNRC, l'érosion des ressources et la conviction accrue de l'opportunité de concentrer les activités techniques de la Division, le niveau de collaboration entre les sections et entre les laboratoires s'est considérablement accru. Nous avons aussi entrepris un projet majeur visant la mise en route à l'échelle du CNRC d'un programme en intelligence artificielle appliquée, dans lequel la Division du génie électrique jouerait un rôle clé.

Malheureusement, certaines activités bien établies de la Division doivent être éliminées à la fin de l'année financière. Le processus de sélection de ces activités a été très difficile, mais il nous a semblé essentiel de réduire l'étendue de nos activités afin d'assurer le soutien nécessaire à la survie des autres projets. La Section de génie électromagnétique n'existera plus l'an prochain. L'un de ses secteurs d'activité, la compatibilité électromagnétique, a été combiné aux études sur les impulsions ultra-rapides de la Section d'énergie, de manière à former un programme unifié sur la compatibilité et le brouillage électromagnétiques. Les autres activités de la section seront privatisées.

L'importance du Bureau des relations industrielles n'a cessé de s'accroître l'an dernier, puisque la Division considère qu'il est de plus en plus important d'entretenir des relations avec le monde extérieur, en particulier au point de vue du transfert de technologie. Le présent *Bulletin* contient le premier rapport sur les activités du Bureau.

L'Institut canadien de technologie industrielle (ICTI) de Winnipeg occupe une position de plus en plus solide. Les entreprises privées sont très intéressées par l'idée d'un laboratoire du CNRC dans lequel les projets sont tous définis par l'industrie et les chercheurs du CNRC collaborent avec les entreprises pour la réalisation des projets. À la fin de l'année, 11 compagnies avaient adhéré au programme de recherches de l'ICTI et des discussions sérieuses ont été amorcées avec quatre autres compagnies.

Ce n'est pas la première fois que la DGE doit faire face à des changements majeurs relativement rapides. Elle démontre une fois de plus sa facilité d'adaptation à de nouvelles circonstances, sans sacrifier sa mission d'excellence.

S.A. Mayman
Directeur
Division de génie électrique
mars 1987

BUREAU DES RELATIONS INDUSTRIELLES

L'un des principaux objectifs de la Division de génie électrique (DGE) est la réalisation de travaux de recherche et développement pour le soutien des activités de l'industrie canadienne. Afin de faciliter les relations avec ses clients industriels, la Division a créé en 1985 un Bureau des relations industrielles, dont le mandat est d'assurer la liaison entre les laboratoires de la DGE et le secteur privé; pour ce faire, le Bureau distribue des informations sur les activités de la Division, aide à l'identification des besoins de l'industrie et favorise le processus de transfert au secteur privé des technologies développées par la Division. Dans l'exercice de ces fonctions, le Bureau des relations industrielles collabore étroitement avec le Bureau de développement industriel, et en particulier avec le réseau régional du PARI et le réseau des laboratoires du PARI. Il entretient aussi des relations étroites avec le Bureau de coordination technologique du CNRC et avec les Bureaux des relations industrielles des autres divisions du CNRC.

Les moyens choisis par le Bureau des relations industrielles pour diffuser l'information sur les travaux et sur les programmes de recherche de la DGE ont surtout pris la forme de séances d'information présentées à des groupes extérieurs et de visites des laboratoires de la Division. Le Bureau remplit aussi cet aspect de son mandat par la préparation de matériel promotionnel comme, par exemple, des dépliants et des diapositives. Puisque les ressources du Bureau sont limitées, la promotion via les contacts individuels n'a pas été très fréquente. Pour rejoindre les clients industriels potentiels au pays, nous avons compté sur la collaboration du réseau régional du PARI, qui compte plus de 150 représentants régionaux dans des centres technologiques régionaux et dans des organismes de recherches provinciaux un peu partout au Canada. Pour informer les membres du réseau régional des dernières activités de recherches de la DGE, nous avons présenté l'an dernier des séances d'information lors d'une réunion des coordonnateurs provinciaux du réseau régional et aux agents du PARI de la région de l'Ontario.

En ce qui a trait au rôle d'identification des besoins de l'industrie, le bureau des Relations industrielles reste le point central de la Division pour les demandes techniques et les propositions de R&D issues de l'industrie. Le Bureau a traité environ 60 demandes techniques l'année dernière. La complexité technique des réponses à ces demandes dépendait en grande partie du degré de correspondance entre les demandes et les connaissances et l'expérience du personnel de la DGE. La Division étudie aussi les propositions industrielles de R&D pour le compte des organismes de financement fédéraux, y compris le PARI du NRC. Le personnel des laboratoires de la DGE évalue les propositions en fonction de certains critères comme, par exemple, le degré d'innovation et de risques techniques, ainsi que l'opportunité de l'approche technique proposée. Dans certains cas, les responsables de l'étude du projet peuvent formuler des critiques constructives et suggérer des approches techniques plus prometteuses ou d'autres améliorations. L'an dernier, le Bureau des relations industrielles a traité environ 120 propositions de R&D.

Les collaborations entre l'industrie et nos laboratoires ainsi que les transferts de technologie à l'industrie des travaux des laboratoires de la DGE s'effectuent selon divers processus formels et informels. Il est souvent opportun de formaliser ces projets conjoints sous forme d'accords dûment signés, de manière à garantir que les deux parties s'entendent sur les aspects importants comme, par exemple, l'attribution de la propriété intellectuelle ainsi que les rôles et responsabilités de chaque participant. Le Bureau des relations industrielles intervient dans la promotion des ces activités de coopération et dans la préparation des documents d'entente appropriés. On peut citer par exemple les accords d'incubation qui ouvrent les laboratoires du CNRC aux petites entreprises et leurs permettent de travailler avec les chercheurs du CNRC.

Au début de l'année financière 1986–87, le conseiller principal sur la CAO/FAO, robotique et l'automatisation industrielle de l'Institut de technologie en fabrication industrielle (Ottawa) a été muté à la DGE. Ses efforts sont encore dirigés à l'encouragement de l'introduction de technologies de pointe dans l'industrie canadienne, ce qui s'effectue surtout par la distribution d'informations et par le soutien des organismes à vocation industrielle qui poursuivent des objectifs semblables. Une compilation récente des contacts effectués indique qu'ils totalisent presque 400 par année, sur une base annualisée. Chaque année, près de 65 % sont des demandes de conseils et d'informations formulées par des sources très diverses extérieures au CNRC. Les paragraphes qui suivent décrivent des activités représentatifs entreprises l'année dernière.

Nous avons préparé une proposition visant l'établissement d'un comité associé du CNRC sur l'intelligence artificielle; cette proposition a été officiellement approuvée par le Conseil du CNRC. On finalise présentement la composition du comité, de manière que sa première réunion puisse se tenir en avril 1987. Nous avons aussi poursuivi les accords et négociations entreprises en vue de l'établissement d'une installation privée permanente dans le secteur privé, qui assurerait la coordination des activités des centres d'information sur les développements en CAO/FAO et en robotique au Canada, se maintiendrait au fait des derniers développements internationaux, conseillerait et informerait les entreprises canadiennes et faciliterait la mise sur pied de projets de développement financés en collaboration.

Nous avons apporté une aide importante au Conseil canadien de la CAO/FAO et à son secrétariat au ministère de l'Expansion industrielle régionale pour, par exemple, la préparation d'un rapport publié par le Conseil en 1986 et intitulé *Crise au sein de la gestion : Mise en oeuvre de la fabrication integrée par ordinateur*, l'organisation d'un atelier de deux jours à l'intention de représentants de centres de CAO/FAO provenant d'un peu partout au pays et la définition d'une série de projets dont on a recommandé l'implantation par les Ministères.

Nous avons poursuivi notre collaboration avec le ministère de l'Expansion industrielle régionale pour la préparation et la rédaction du *Bulletin CAD/CAM* de nouvelles mensuelle sur la CAO/FAO. Cette lettre de nouvelles, qui rejoint près de 3000 personnes un peu partout au pays, traite des derniers événements et développements internationaux dans les secteurs de la CAO/FAO et de la fabrication intégrée par ordinateur et constitue une importante activité de transfert de technologie en provenance du CNRC.

Nous avons apporté notre soutien à TV Ontario lors des travaux de recherche et la sélection des lieux de tournage en vue de la production d'une série de quatre émissions d'une demi-heure sur la CAO/FAO et la robotique. Le matériel filmé par TV Ontario comprend des entrevues et des séquences sur les projets de recherche dans les Divisions de génie mécanique et de génie électrique. Nous avons aussi aidé à la préparation des documents de référence que TV Ontario mettra à la disposition des téléspectateurs.

La Division de génie électrique assure les activités canadiennes de représentation et de coordination au Forum conjoint de coordination (FCC) sur la coopération internationale en robotique de pointe. Les travaux de ce forum découlent de décisions prises au sommet économique de Versailles en 1982, pendant lequel on a lancé un projet de collaboration internationale en "Robotique de pointe". On envisage les secteurs d'application suivants : l'espace, les travaux sous-marins, les centrales nucléaires, les mines et le perçage de tunnels, l'agriculture, la médecine et les soins de santé, la construction et le génie civil, les usines, la lutte contre les incendies ainsi que les opérations et services de secours en cas d'urgence, sans oublier le secteur domestique. Jusqu'à présent, les activités communes ont pris la forme d'échange d'informations, d'ateliers, de missions d'étude et de préparation d'études communes sur le terrain. Le Canada sera l'hôte d'une rencontre des pays du FCC en 1988. Concurremment avec ce projet, on a entrepris la préparation d'un atelier international sur les applications robotiques dans les domaines de la médecine et des soins de santé.

A.M. Hlady
Agent de liaison industrielle

J. Scrimgeour
Conseiller principal sur la
CAO/FAO, robotique et
l'automation industrielle

LABORATOIRE DE GÉNIE BIOMÉDICAL

Chef de laboratoire — O.Z. Roy

■ Introduction

Le programme de recherche du Laboratoire de génie biomédical couvre trois grands domaines d'intérêt : adaptation/réadaptation, effets des rayonnements non ionisants et amélioration de l'information biologique. Les objectifs dans chacun de ces domaines sont décrits dans les sections qui suivent. Voici les principaux événements qui se sont produits au cours de l'année écoulée.

1. Une sonde qui, lorsque utilisée avec la machine de spectroscopie de résonance magnétique, quadruple le taux de collecte des données a été mise au point (demande de brevet déposée); la sonde est en voie de commercialisation.
2. Une technique expérimentale unique (combinant la spectroscopie de résonance magnétique et les ultrasons) pour des études fondamentales sur les conséquences métaboliques des ultrasons a été mise au point.
3. On a découvert que les ultrasons maintiennent les fonctions du cerveau lorsque ce dernier est en état d'hypoxie.
4. Une nouvelle plaque de stabilisation orthopédique qui fait actuellement l'objet d'évaluations tant au Canada qu'aux États-Unis a été mise au point.
5. Le système modèle qui a été établi en 1978 pour la commercialisation des aides techniques aux personnes handicapées a vu ses ventes augmenter de façon exponentielle de 30 000 $ par année en 1978–1979 à 600 000 $ par année en 1984–1985, puis à 1 million de dollars en 1986–1987. Quelque 30 % des ventes se font à l'exportation.
6. De nouveaux produits ont été introduits au rythme de quatre ou cinq par année, y compris une commande de fauteuils roulants utilisables sur les fauteuils roulants Everest et Jennings et Fortress.
7. On fournit des services de secrétariat et un soutien administratif au Comité associé de R et D pour la réadaptation des personnes handicapées, et est actuellement engagée dans l'étude d'un projet de création d'un institut de recherche en réadaptation.

Le Laboratoire continue de collaborer sur le plan scientifique avec des groupes du CNRC et de l'extérieur. Une telle collaboration s'avère extrêmement profitable dans l'étude de problèmes nécessitant une approche multidisciplinaire.

■ Génie de l'adaptation et de la réadaptation

Objectifs

1. Appliquer et développer la technologie et les compétences techniques nécessaires pour résoudre les problèmes associés à l'invalidité.
2. Mettre au point des dispositifs et aides techniques rentables qui augmenteront les possibilités d'emploi et d'autonomie des handicapés.

Le Laboratoire de génie biomédical a mis sur pied un système de mise au point, de production et de commercialisation d'aides techniques pratiques et rentables. Le système fait intervenir le gouvernement (CNRC), 20 entreprises privées de fabrication et le secteur du bénévolat sous les auspices desquels un organisme de commercialisation appelé Technologie au Service des Personnes Handicapées Inc. (TASH) a été

créé. Cette méthode de mise au point et de mise en application de nouvelles techniques donne de bons résultats et produit des dispositifs sûrs, pratiques et utiles que pourra se procurer le consommateur handicapé (voir la figure 1).

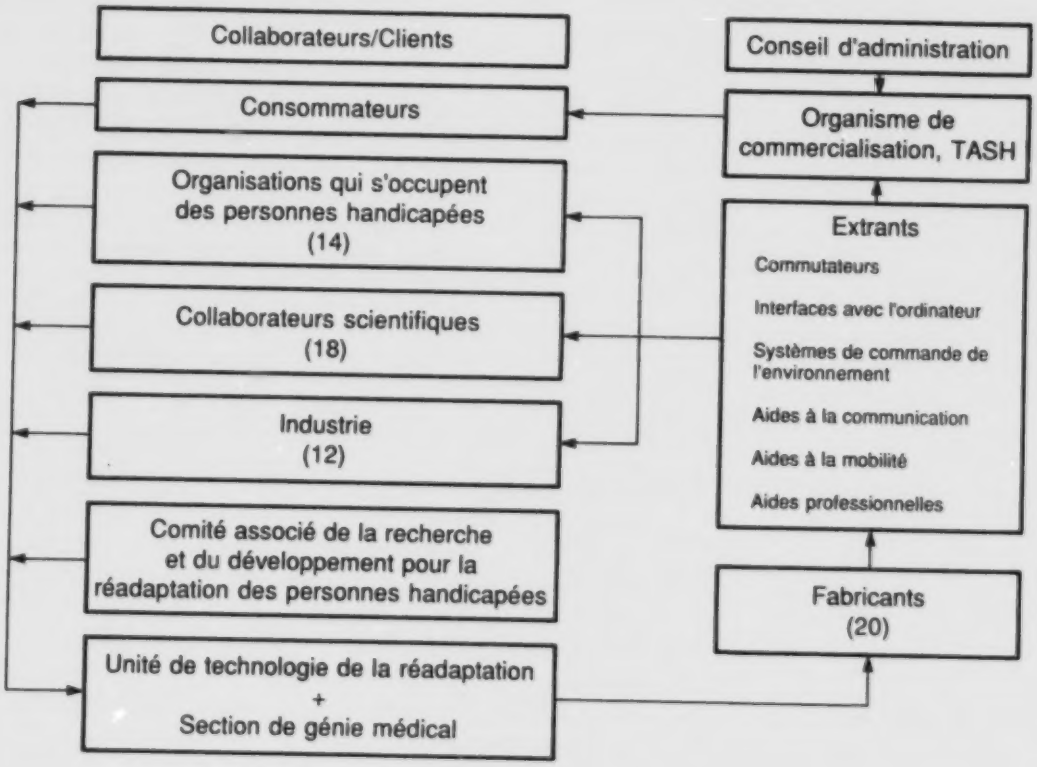


Figure 1 Génie de l'adaptation/réadaptation.

La Section de génie médical, l'Unité de technologie de la réadaptation et le TASH continueront de mettre au point des dispositifs microinformatisés. Des travaux futurs pourraient porter sur les aides à la mémorisation, les commandes environnementales, les systèmes de communication, les interfaces avec l'ordinateur, l'orthotique intelligente et la robotique. L'accent sera mis sur l'optimisation des interfaces, c'est-à-dire les points d'accès, en maximisant l'aspect fonctionnel et en minimisant le niveau de frustration. Une attention particulière sera portée aux progrès technologiques dont pourraient bénéficier les personnes âgées et les personnes atteintes d'un retard développemental grave.

UNITÉ DE TECHNOLOGIE DE LA RÉADAPTATION

Chef de section — J. Batelaan

■ Introduction

Un nombre relativement restreint d'aides techniques pour les personnes atteintes de plusieurs handicaps ou d'une invalidité grave est nécessaire par rapport notamment au nombre de fauteuils ou aides à l'audition. C'est pourquoi les entreprises commerciales hésitent à produire et à commercialiser ces aides, même s'il est prouvé qu'elles sont utiles; et des prototypes leur sont souvent offerts sans frais ni obligation de leur part. L'objectif principal de l'Unité de technologie de la réadaptation, qui est située à Scarborough (Ontario), est de faciliter et d'organiser la fabrication de ces aides à la réadaptation par l'industrie. L'atteinte de cet objectif se fait par la conception de produits, le développement de la technologie de la production, et le transfert de la technologie. La mise au point de ces aides comprend aussi la mise au point de versions améliorées d'aides existantes et de nouveaux accessoires. Des exemples de travaux en conception et mise au point de produits sont décrits ci-dessous.

■ Technologie de la production d'aides pour handicapés

■ J. Batelaan – W.G. Bennett – I.P. Clark – H. Ayvazyan – M. Tam – R. Tremblay – S.A. Kerr

Keypad

Le Keypad comporte 15 grosses touches de 2,5 pouces de côté chacune réparties sur une grille de trois touches sur cinq touches. Le Keypad s'adresse aux personnes qui ne peuvent utiliser leurs doigts mais qui sont capables d'utiliser le côté de la main ou leurs pieds pour actionner les touches. Les touches sont faciles à actionner, nécessitant une force de quelque 100 g, et émettent un clic audible lorsqu'elles sont enfoncées. Les touches peuvent être recouvertes d'étiquettes portant des images ou des mots selon les applications : à des fins de formation, avec des aides à la communication, avec un ordinateur ou avec des dispositifs de contrôle de l'environnement.

Keypad Trainer

Cette aide à l'apprentissage est conçue pour être utilisée avec le Keypad, le commutateur Wafer, ou d'autres commutateurs spéciaux, dans le but d'entraîner les personnes atteintes d'une invalidité physique ou mentale à choisir des touches ou à actionner des commutateurs. Le Keypad Trainer offre un choix de cinq réponses différentes, trois pour commander des jouets à piles ou allumer des lampes et deux pour obtenir des réponses audio distinctes de l'appareil, un bourdonnement ou un bip. Lorsque l'aide est utilisée avec le Keypad, des touches ou des groupes de touches peuvent être associés à des images ou à du texte, permettant différentes réponses. Des jouets à piles ou un émetteur Ultra-2T peuvent être reliés aux bornes du Trainer pour produire les différentes réponses.

Encoscan

L'Encoscan est un système de commande permettant à une personne handicapée de commander différents appareils dans son environnement immédiat (figure 1). Il peut s'agir d'une sonnerie pour appeler une infirmière ou d'un système d'alarme, d'un téléphone à ampli ou mains libres muni d'un Unidialer, d'appareils électriques (jusqu'à quatre) avec fiches d'alimentation, d'un téléviseur avec câblo-convertisseur (commande

marche/arrêt, changement séquentiel des postes et commande du volume) et de commandes Unicontrol (jusqu'à cinq) pour commander, par exemple, un interphone ou un lit électrique.

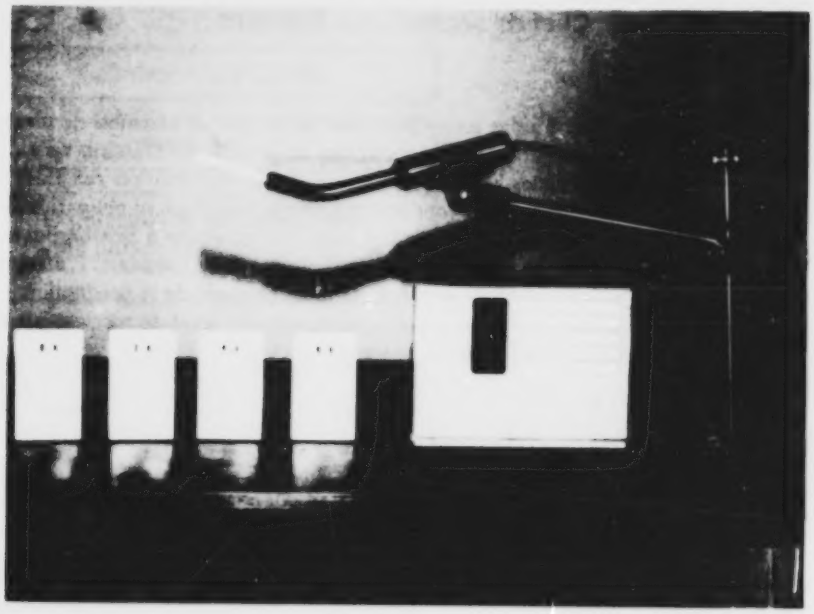


Figure 1 L'Encoscan relié à des modules Ultra-4 et au commutateur actionné par le souffle.

L'Encoscan peut être commandé par la personne handicapée de deux façons possibles : au moyen d'un commutateur spécial, simple ou double, relié à l'Encoscan ou au moyen d'un émetteur Ultra-4 à distance qui peut être intégré au bloc de commande d'un fauteuil roulant. Le système Encoscan comporte deux parties, un écran d'affichage et l'appareil de base. Habituellement, l'écran d'affichage est monté à l'avant de l'appareil de base. Cependant, il peut être suspendu séparément sur un mur et relié par un câble simple à l'appareil de base. Dans ce cas, l'appareil de base et les nombreux câbles de raccordement peuvent être dissimulés. Grâce à un sélecteur de mode, l'Encoscan peut être utilisé comme un simple dispositif de balayage à cinq positions pour commander jusqu'à cinq éléments ou il peut être utilisé pour commander beaucoup d'autres éléments et fonctions.

Émulateur de la souris du Macintosh

L'émulateur (une souris au bout d'un bâton) est une interface à cinq commutateurs pour l'ordinateur Macintosh qui simule la souris. Le dispositif permettra à une personne handicapée d'utiliser, sur un Macintosh, des logiciels normalement commandés par la souris, à partir de manches à balai spéciaux et de plusieurs commutateurs spéciaux. Quatre des cinq commutateurs sont directionnels (haut, bas, gauche et droite). Le cinquième commutateur, appelé «Select», joue le rôle du bouton de la souris.

Lorsque les quatre commutateurs directionnels sont actionnés séparément, l'interface émule une souris qui se déplace dans la direction correspondante à une vitesse réglée par un potentiomètre intégré à l'interface. Lorsqu'on actionne simultanément deux commutateurs adjacents, on obtient un mouvement en diagonale. Pour maintenir le bouton de la souris en position lorsque la souris se déplace, on a prévu un verrou.

Comboard

Une nouvelle version bon marché de l'aide à la communication de type cadran d'horloge a été mis au point. Le Comboard est muni d'une longue aiguille motorisée qui se déplace sur un cadran qui peut porter des messages ou des images. Il s'adresse aux personnes qui n'ont pas l'usage de la parole et qui sont aussi handicapées physiquement. En actionnant un commutateur spécial relié au Comboard, l'utilisateur peut communiquer en pointant l'aiguille sur un message ou une image particulier.

Le Comboard fonctionne à piles et est portatif. Les cadrans sont facilement interchangeables; il suffit de retirer l'aiguille qui est maintenue en place par une pièce de Velcro. Une commande du potentiomètre permet de régler la vitesse de l'aiguille.

MÉMOIRES RÉCENTS — UNITÉ DE TECHNOLOGIE DE LA RÉADAPTATION

Publiés

☐ TAYLOR, S.A. ALS: how technical aids can help. Rehabil. Dig. 17(3): 18-19; 1986. CNRC 26715.

GÉNIE MÉDICAL

Chef de section — O.Z. Roy

■ Génie de l'adaptation/réadaptation

Technologie pour les déficients développementaux

■ N.D. Durie – K. Hranchuk – J. Ehrenworth[1] – J.R. Charbonneau[2] – R.L. Farley

Appareil «Voice Mate» de réponse par «oui» ou «non»

Le Voice Mate est un dispositif portatif qui traduit les réponses «oui» et «non» en paroles numérisées; l'appareil a été mis au point par le Conseil national de recherches il y a plusieurs années à l'intention des handicapés physiques non verbaux. En septembre 1985, nous avons commencé une étude en collaboration avec la Bayshore Catholic Annex School d'Ottawa (Ontario) afin de déterminer si le Voice Mate pouvait être utilisé par des enfants atteints d'un retard développemental. Avant le début de l'étude, aucun des trois sujets ne pouvait communiquer de façon intelligible. Au cours de l'étude, une formation sur la commutation a été donnée par laquelle la réponse «oui» indiquait qu'un enfant désirait interagir avec un stimulus et la réponse «non» indiquait qu'il ou elle ne désirait pas interagir avec le stimulus. À la réponse «non», le stimulus était retiré et, à la réponse «oui», l'enfant avait le loisir d'interagir avec le stimulus. Les stimulus présentés étaient trois objets réels qu'affectionnait chaque enfant et trois éléments que l'enfant n'aimait pas.

Il a suffi de 63 séances pour apprendre aux enfants à utiliser ces réponses d'une manière spontanée et fiable, une période d'apprentissage remarquablement courte pour ces enfants. Au cours du projet, on a utilisé un Voice Mate équipé de deux commutateurs.

Une fois que les enfants ont atteint l'objectif de l'étude, nous avons commencé à généraliser leurs réponses à l'ensemble de leur environnement en les encourageant à utiliser la boîte oui/non pour indiquer leurs désirs et leurs besoins lorsqu'ils jouaient, se nourrissaient et allaient aux toilettes. À des fins d'utilisation générale, nous avons trouvé que le Voice Mate à commutateurs intégrés était des plus indiqués car il est portatif et durable. Actuellement, les trois enfants utilisent le dispositif à la journée longue (figure 1). L'appareil a changé radicalement leur vie, non seulement parce qu'il leur permet de communiquer leurs désirs et leurs besoins, mais aussi parce qu'il réduit les accès de colère et les frustrations qu'ils éprouvaient auparavant à cause de leur incapacité à communiquer.

Version en station debout de l'unicycle à cinq roues

Dans un numéro précédent du *Bulletin de la Division de génie électrique* (Volume 2, nº 3, page 11), on décrivait brièvement un véhicule de support en station debout pour les enfants paraplégiques. Ce véhicule a depuis lors été totalement éprouvé (principalement à l'école Victor Doré de Montréal (Québec)) et s'est avéré très efficace pour assurer une certaine mobilité à l'utilisateur qui profite en même temps des avantages qu'offre la station debout (croissance des os, fonction des reins, horizon psychologique améliorés).

Une nouvelle version a été conçue (figure 2) pour une gamme plus étendue d'utilisateurs (adolescents ou petits adultes). Le mécanisme de support a été raffiné : il a une meilleure apparence, est plus facile à régler et devrait être plus facile à fabriquer. Pour tenir compte de la hauteur et du poids plus grands des utilisateurs visés, on l'a doté d'une base plus large et d'un moteur plus puissant. Ce nouvel unicycle utilisé en station debout fait l'objet d'une évaluation sur le terrain à l'hôpital Ongwanada de Kingston en Ontario.

[1]Hôpital pour enfants de l'est de l'Ontario, Ottawa (Ontario).
[2]Retraité depuis septembre 1986.

Figure 1 Utilisation du Voice Mate à la Bayshore Catholic Annex School. Réimprimé avec permission de *The Ottawa Citizen*, nº du 6 décembre 1986, page A9.

Optimisation des tableaux d'affichage à balayage

Un grand nombre d'enfants atteints de plusieurs handicaps peuvent très difficilement communiquer. Le meilleur dispositif qui a été mis à la disposition de ces enfants pour augmenter leur aptitude limitée à communiquer consiste en un simple tableau à aiguille de type cadran d'horloge. Parmi des objets ou des images représentés sur le tableau, l'enfant choisit ceux qu'il préfère en déplaçant l'aiguille motorisée à l'aide d'un simple commutateur. Un tel dispositif comporte des inconvénients. Il est gros, encombrant et difficile à monter sur un fauteuil roulant. Toutefois, un plus gros inconvénient est le vocabulaire qui est très limité à moins que l'instructeur ou le parent remplace manuellement le cadran qui porte les images.

Des tableaux d'affichage à balayage électronique, constitués de matrices fixes de 16, 64, 128 cellules ou plus, ont été utilisés pendant un certain temps pour augmenter la capacité à communiquer des personnes atteintes d'une invalidité physique. Le but de cette nouvelle étude est de déterminer si les personnes atteintes d'un retard développemental peuvent aussi faire l'apprentissage de la technique de balayage et, le cas échéant, quels paramètres physiques du tableau d'affichage peuvent être modifiés pour minimiser le temps requis d'apprentissage. Certains des paramètres évalués sont : le nombre de lampes par cellule; la présence ou l'absence d'une tonalité accompagnant le balayage; le nombre de cellules qu'une personne peut utiliser; la disposition des cellules (par exemple, au lieu d'être disposées dans une matrice fixe, les cellules peuvent être mobiles et disposées arbitrairement, notamment sur une seule rangée, en forme de carré ou de cercle, etc.).

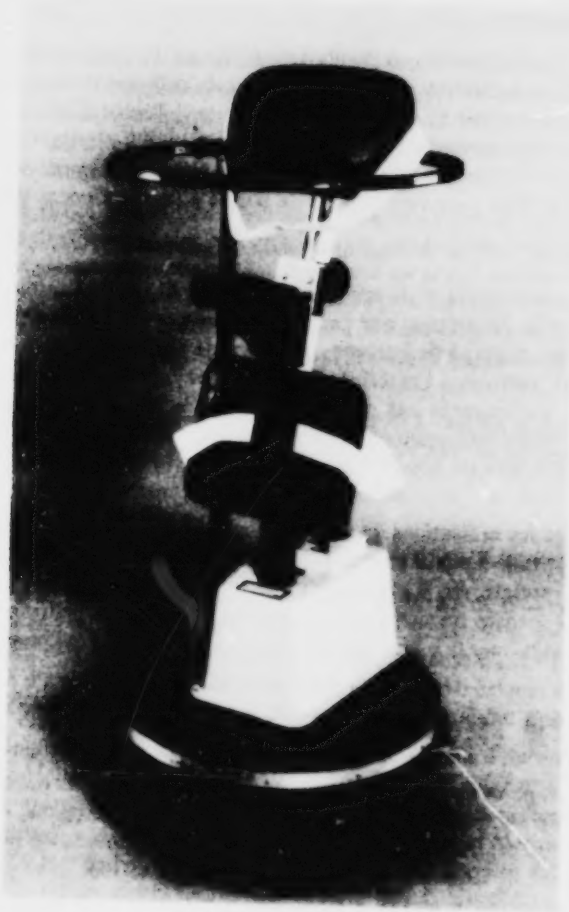


Figure 2 Version en station debout de l'unicycle à cinq roues.

Deux projets de recherche sont en cours à l'école catholique Bayshore, à Ottawa, en Ontario, en vue d'évaluer deux tableaux d'affichage à balayage expérimentaux auprès d'enfants atteints d'un retard de développement. Dans le premier, où le plan de recherche portera sur un seul sujet, on évaluera une méthode d'apprentissage d'un processus séquentiel de balayage au moyen d'une matrice fixe de 3 × 5 images-stimulus (chaque cellule comptera quatre lampes). Dans l'autre projet, le plan expérimental portera sur la réponse de trois sujets par rapport à une ligne de base. L'expérience vise à évaluer la position et l'illumination optimale de cellules mobiles (comportant chacune une, quatre ou huit lampes). Les deux projets ont pour objectif fondamental d'enseigner aux sujets le processus du balayage, ainsi que de mesurer l'efficacité des tableaux d'affichage à balayage expérimentaux. Une démonstration concluante des méthodes d'apprentissage permettrait aux sujets de progresser au point d'utiliser les techniques de balayage avec de nouvelles aides à la communication verbale numérisée telles que le «Talk-O».

Études sur le terrain permanentes

Décrits ci-dessus, les dispositifs suivants d'aide aux déficients développementaux continuent de faire l'objet d'essais sur le terrain aux endroits indiqués voiturette de collision (bumper car) à l'hôpital Ongwanada, Kingston (Ontario); composeur de numéros téléphoniques à l'école Clifford Bowie, Ottawa (Ontario); aide à l'apprentissage de la préhension au Rehabilitation Institute of Chicago, Chicago (Illinois); aide à l'apprentissage de la propreté Tinkle-Tinkle, comprenant une clochette d'appel personnelle, à l'école Crystal Bay, Ottawa (Ontario); et AltKey avec synthétiseur de parole à l'école Crystal Bay, Ottawa (Ontario).

Conférence sur la technologie pour les personnes atteintes d'un retard de développement

Pour aider à la coordination de la recherche, du développement et de l'application clinique dans ce domaine relativement nouveau, on prépare une petite conférence pour le mois d'octobre 1987. Un comité de planification a été créé; il est composé de quelques membres de notre propre personnel ainsi que de spécialistes dans diverses disciplines, recrutés à l'extérieur du Conseil national de recherches. La conférence portera sur l'application d'aides de toutes sortes aux problèmes de la déficience mentale. L'accent sera mis sur l'application de techniques de recherche rigoureuses en vue de déterminer l'efficacité clinique d'aides chez les déficients mentaux. On examinera les possibilités d'avenir, de sorte que les chercheurs, les éducateurs, les cliniciens, etc. pourront obtenir de l'information sur les développements futurs et les lacunes de la technologie.

La conférence abordera les utilisations de la technologie du point de vue de plusieurs disciplines : psychologie, augmentation de l'aptitude à communiquer, thérapie professionnelle, génie biomédical, formation professionnelle, éducation spéciale, etc. Le programme prévoit des présentations par des conférenciers invités dans chaque discipline, des séances plénières auxquelles tous les délégués pourront participer et une tribune dont le but est de clarifier certaines des grandes questions de recherche. Un compte rendu sera publié.

Le système à clavier MOD

■ P.J. Nelson – L. Korba – C. Lafleur – G.C. Park – W. Saver

Les travaux de mise au point du système à clavier MOD ont été décrits dans des numéros précédents du *Bulletin* (Volume 2, nº 2–6). Le système MOD s'adresse aux handicapés physiques qui sont incapables d'utiliser efficacement un clavier d'ordinateur standard. Il s'agit d'une cartouche de mémoire enfichable dans un micro-ordinateur bon marché, le Commodore VIC-20. Une fois la cartouche en place, l'écran du VIC-20 affiche un clavier qui émule en fait le clavier d'un deuxième ordinateur (hôte). Le système MOD présente à l'handicapé des menus de mots, d'expressions et de commandes d'ordinateur en plus d'afficher de simples caractères, lui permettant d'accéder rapidement et facilement à tous les logiciels standard qui sont disponibles pour l'ordinateur hôte.

Au cours de l'année écoulée, la nouvelle version auto-vocabulaire du clavier MOD (l'«Auto-MOD») a fait l'objet d'autres essais sur le terrain. Les réactions ont été fort encourageantes et ont révélé que l'auto-vocabulaire peut être utilisé par des personnes atteintes d'invalidité physique ou développementale à des degrés divers. Parmi les derniers raffinements apportés au système, dont un grand nombre découlent des essais sur le terrain, mentionnons des menus révisés et des commandes additionnelles pour faciliter la mise en forme des pages affichées à l'écran; l'addition aisée de radicaux et d'autres terminaisons à des choix detenues, avec correction automatique de l'orthographe; addition de mots plus longs au vocabulaire; et divers améliorations telles qu'une touche de blocage et des vitesses de balayage plus élevées. L'Auto-MOD est maintenant plus justement qualifiable de communicateur «autonome» avec ses commandes PRINT et SPEAK séparées; ses zones de mise en mémoire séparées, permettant à l'utilisateur de répondre à des conversations sans retarder davantage la préparation d'un texte de correspondance écrite; et ses «mots encadrés» dans du texte affiché qui facilitent la lecture à l'écran.

Avec les améliorations susmentionnées, le système Auto-MOD sur ordinateur VIC-20 est considéré comme un produit fini. On projette de confier à forfait la mise à jour de la documentation destinée à l'utilisateur du système MOD en fonction de cette version finale.

Clavier MOD élémentaire

Cette version, mise au point initialement en collaboration avec le Hugh MacMillan Medical Centre de Toronto (Ontario), est maintenant utilisée couramment en clinique depuis environ deux ans. Au cours de la dernière année, d'autres travaux ont été confiés à forfait au Hugh MacMillan Medical Centre concernant des études formelles de cas et la réalisation d'une bande vidéo éducative sur les applications du clavier MOD élémentaire (CME) chez les jeunes enfants gravement handicapés.

En collaboration avec le Hugh MacMillan Medical Centre, le Centre de traitement des enfants d'Ottawa et l'école Joie-de-Vivre de Hull (Québec), des spécifications ont été établies pour une version améliorée du CME. Cette «version 2», qui est maintenant au point, incorpore un grand nombre d'améliorations mineures ainsi que la gamme élargie suivante de stratégies de balayage permettant au CME d'être utilisé pour fins d'évaluation et de formation : commande «oops» (qui élimine la dernière entrée) utilisable en direct ou en différé; clavier utilisable comme communicateur autonome relié à une imprimante ou à un synthétiseur de parole; menus simplifiés pour les débutants.

En plus du contrat de mise à jour de la documentation de l'Auto-MOD, mentionné ci-dessus, un autre contrat sera adjugé pour mettre à jour le manuel d'instructions du CME en fonction de la nouvelle version 2. La fusion des deux documents permettra l'utilisation du même matériel d'instructions pour les aspects semblables des deux systèmes MOD.

Autres interfaces d'entrée

Une des caractéristiques du système à clavier MOD est la souplesse qu'il offre : il peut être relié à une grande variété d'interfaces d'entrée. Au cours de la dernière année, nous avons continué d'explorer un nombre plus grand de nouvelles possibilités d'entrée. Un prototype de programme d'entrée en code morse qui fait intervenir le deuxième écran d'affichage du système MOD et des caractéristiques de l'auto-vocabulaire a été réalisé. Cependant, d'autres travaux ont été reportés plus loin dans la liste des priorités.

Pendant plusieurs années, le système MOD a permis le raccordement d'un manche à balai analogique (potentiométrique). Cette possibilité a malheureusement été peu exploitée car il ne semble exister sur le marché aucun potentiomètre utilisable par une personne sérieusement handicapée. Comme la mise au point d'un moyen d'accès analogique direct de type aiguille d'indicateur était l'un des premiers objectifs du système MOD, nous avons continué de rechercher d'autres solutions. Plusieurs modèles différents de crayons lumineux à longue portée et de systèmes ultrasoniques de repérage ont été mis à l'essai dans notre laboratoire.

Il existe dans le commerce une commande analogique qui est la commande au menton de la Du-It Control Systems Unit Inc., Shreve (Ohio), dont la fonction principale est de commander un fauteuil roulant motorisé. La commande Du-It produit une tension analogique proportionnelle à la position du levier actionné par le menton. Un adaptateur a été mis au point pour rendre la commande Du-It compatible avec la prise du potentiomètre du clavier MOD. L'adaptateur permet en fait l'utilisation d'une grande variété de nouvelles commandes à partir du clavier MOD.

Un autre produit commercial est le HeadMaster^{MC}, un système de détection de la position de la tête mis au point pour l'ordinateur Macintosh d'Apple par Personics Corp., Concord (Massachusetts). Il remplace la souris du Macintosh pour le positionnement du curseur sur l'écran. Quatre transducteurs ultrasoniques sont utilisés pour mesurer les mouvements de la tête, lesquels sont convertis en signaux compatibles avec ceux de la souris du Macintosh. Pour évaluer la performance du HeadMaster avec le système à clavier MOD, on a mis au point un adaptateur pour convertir les signaux de la souris du Macintosh en signaux compatibles avec la prise entrée/sortie pour jeux vidéo du VIC-20. Quelques essais et les réactions des utilisateurs ont montré que le HeadMaster est un dispositif utile, mais que plusieurs améliorations s'imposent pour le rendre plus

acceptable par les personnes handicapées. Ces changements comprennent une diminution du prix, une diminution de la sensibilité aux tremblements, un plus grand nombre de commandes telles que des commandes de positionnement relatif ou direct et une commande sans fil. (L'appareil de Personics exige que l'utilisateur porte un casque qui est relié à l'unité de commande par un câble.) On examine de nouveaux systèmes de positionnement de la tête dans le but d'atteindre ces objectifs.

Traduction du logiciel du clavier MOD

Le système MOD actuel a jusqu'ici bien fonctionné avec l'ordinateur VIC-20, un «support» économique pour ce système. Par ailleurs, la configuration physique «ramassée» du VIC-20, dans laquelle notamment l'enregistreur de cassettes sert d'appoint aux fichiers de l'utilisateur mis en mémoire dans la cartouche du MOD, pose de plus en plus de difficultés. Maintenant, compte tenu du prix de plus en plus bas des systèmes informatiques dont les mémoires sont plus grandes et qui sont dotés d'unités de disques intégrées, et compte tenu du fait que les utilisateurs d'ordinateur (y compris les personnes handicapées) recherchent de plus en plus des systèmes faciles à utiliser, le VIC-20 n'est désormais plus perçu comme le choix idéal.

Par conséquent, une nouvelle version du logiciel du clavier MOD a été conçu et fait l'objet d'un contrat de développement. Cette version aura comme support une disquette plutôt qu'une cartouche et permettra d'accéder à toutes les caractéristiques du clavier Auto-MOD actuel. Le nouveau logiciel est rédigé en langage de programmation C, ce qui facilitera toute amélioration éventuelle et sa transférabilité sur d'autres systèmes informatiques. Au départ, le logiciel du clavier MOD est conçu pour fonctionner sur l'ordinateur IBM PC ou tout autre modèle MS-DOS compatible. De cette façon, la caractéristique très recherchée de l'écran séparé pour le clavier de l'utilisateur reste inchangée; à cela s'ajoute une plus grande fiabilité, une plus grande facilité d'utilisation, une configuration physique plus dégagée et une disponibilité beaucoup plus grande.

Publicité

Nos travaux en matière de technologie pour les personnes atteintes d'un retard de développement ont fait l'objet d'articles dans le *Canadian Science News* du 31 juin 1986 et dans *The Ottawa Citizen* du 6 décembre 1986. Nos travaux sur les interfaces d'entrée à partir des mouvements de la tête ont fait l'objet d'une présentation au Salon de la bureautique pour les personnes handicapées du Ministère des Approvisionnements et Services, au Centre des congrès d'Ottawa, les 17 et 18 février 1987. En outre, cette présentation a fait l'objet d'un article dans le numéro du 19 février 1987 de *The Ottawa Citizen*.

Sécurité dans les bâtiments

■ J. PAULS

Les recherches se sont poursuivies dans différents domaines; on a notamment contribué à une étude sur l'évacuation des grands immeubles, en collaboration avec des chercheurs australiens et britanniques, à une étude sur les chutes chez les personnes âgées et à la planification d'une conférence et d'un symposium internationaux qui auront lieu à Ottawa au printemps 1987. Une perspective internationale en matière de sécurité dans les immeubles pour les personnes atteintes d'invalidité ou pour les personnes âgées est l'un des sujets qui seront traités lors de ces réunions. Sur le plan régional, de l'information a aussi été fournie en matière de sécurité en cas d'incendie pour les personnes handicapées, par le Comité sur la sécurité en cas d'incendie de l'Institut de réadaptation d'Ottawa. Le transfert de technologie s'est poursuivi relativement à la révision des exigences en matière de sécurité pour les sorties et les escaliers dans les grands codes et normes américains et dans les codes provinciaux du bâtiment au Canada. Des séances d'information sur les changements récents apportés aux normes et aux codes ont été organisés en novembre 1986. Nous avons aussi participé à une réunion fédérale–provinciale visant à examiner s'il est nécessaire d'établir une nouvelle norme-cadre nationale concernant l'accessibilité des immeubles pour les personnes handicapées.

■ Les effets des rayonnements non ionisants

Objectifs

1. Déterminer les effets des rayonnements non ionisants sur les systèmes biologiques afin d'acquérir une connaissance du processus interactif et des conséquences biologiques de ces rayonnements.
2. Appliquer cette connaissance à l'élaboration de normes sur la sécurité et la performance, et à la mise au point de nouveaux instruments thérapeutiques et diagnostiques.

La Section de génie médical fait actuellement porter ses recherches sur les effets des ultrasons. Après les rayons X, les ultrasons constituent la forme de rayonnement ou d'illumination la plus largement utilisée dans notre système de soins de santé. Malgré leur utilisation répandue, on continue de s'interroger sur leur sûreté. La Section de génie médical a mis au point des modèles biologiques sensibles et des techniques de mesure avec lesquelles certains processus, y compris les processus métaboliques, peuvent être étudiés. Les modèles et la procédure expérimentale permettront de mieux comprendre le mécanisme interactif et de quantifier les effets biologiques *in vivo*.

Pour accroître ses capacités en matière de détermination biologique, la Section de génie médical s'est dotée des installations nécessaires pour l'étalonnage des transducteurs aux ultrasons et la détermination exacte de leurs diagrammes de rayonnement. La Section fournit des services d'étalonnage à l'industrie canadienne et participe, avec le National Bureau of Standards des États-Unis et le National Physical Laboratory du Royaume-Uni, à un programme de comparaison inter-organismes (voir la figure 3).

Étude de la contractilité du muscle cardiaque par résonance magnétique

■ G.V. Forester – E.J. Villeneuve – J. Scott

Nous avons montré que l'exposition du myocarde aux ultrasons (0,25–2,0 W/cm² SATA à 1 MHz) accroît sa contractilité. Ce résultat a été vérifié dans des muscles papillaires isolés, des préparations sous perfusion de Langendorf et *in situ* avec des animaux anesthésiés. La séquence des phénomènes biologiques qui mène à cet effet biologique n'a toutefois pas été élucidée. Pour déterminer les mécanismes responsables des effets cardiaques inotropes, des recherches sont actuellement menées sur le métabolisme du coeur pendant son exposition aux ultrasons. La méthode consiste à utiliser une sonde de spectroscopie de résonance magnétique (SRM) de haute résolution. La spectroscopie de résonance magnétique est utilisée pour déterminer de façon non destructive la concentration de produits chimiques clés dans les tissus et, par conséquent, pour suivre de façon continue les variations infimes de l'état métabolique du coeur sans avoir à retirer le coeur de l'expérience. C'est au Conseil national de recherches que la sonde de SRM de haute résolution a été conçue et fabriquée. Pour la réalisation de ces études, la Section de génie médical collabore avec la Section de biophysique moléculaire de la Division des sciences biologiques et avec Morris Instruments Inc.

La sonde de haute résolution permet de quantifier les composés phosphorés dans le coeur avec une résolution à peu près quatre fois supérieure à celle des sondes conventionnelles de SRM. On peut obtenir des spectres significatifs en seulement 20 s, ce qui nous permet de distinguer les changements métaboliques liés aux différents états énergétiques du muscle cardiaque sous perfusion.

Les données préliminaires (figure 4) semblent indiquer que les ultrasons accroissent la contractilité en faisant augmenter l'utilisation d'énergie. Dans des conditions normoxiques, le métabolisme favorise un accroissement de la disponibilité et de l'utilisation des réserves oxydatives (l'énergie dérivée de l'oxygène et du glucose), mais dans des conditions hypoxiques et avec stimulation, il y a utilisation de la réserve d'urgence de phosphocréatine (PCr) lorsque la demande devient supérieure à l'offre.

Il s'agit des premières études jamais effectuées à porter sur les voies métaboliques du coeur. La technique, qui est d'une très grande valeur, a suscité beaucoup d'intérêt.

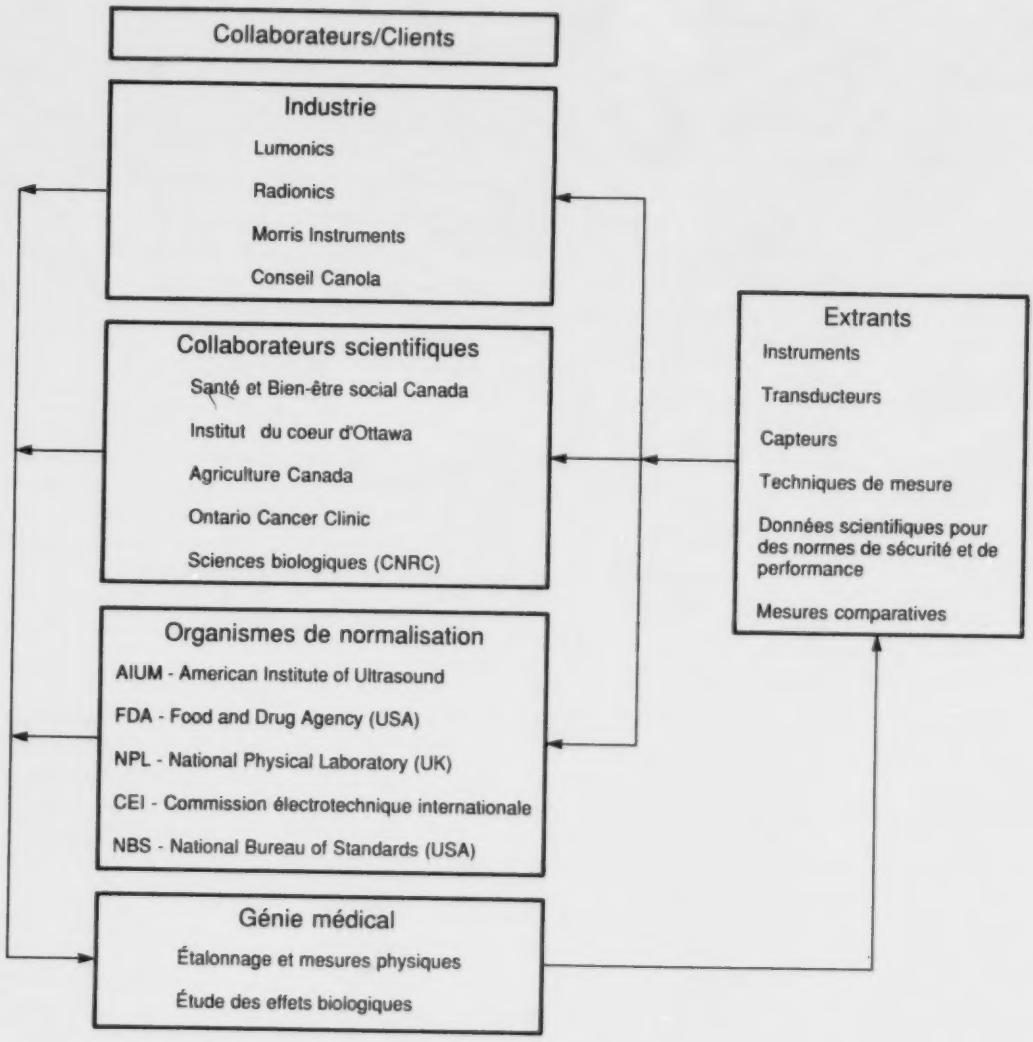


Figure 3 Effets des rayonnements non ionisants.

Altération de la contractilité du myocarde par l'utilisation d'ultrasons de diagnostic simulés

■ A.J. MORTIMER – B.J. TROLLOPE – E.J. VILLENEUVE – J. SCOTT

La mise au point des ultrasons Doppler pulsés pour l'évaluation du débit sanguin a ouvert la voie à d'autres applications diagnostiques qui ont une importance particulière dans le cas de certaines grossesses à haut risque : détection des malformations cardiaques congénitales, détermination du débit sanguin foetal et évaluation de l'irrigation sanguine du placenta. En raison de ces possibilités importantes, une nouvelle génération d'instruments est apparue sur le marché. Les nouveaux systèmes Doppler par impulsions ont des niveaux d'émission acoustique beaucoup plus élevés que les systèmes de diagnostic actuellement utilisés. En fait, les niveaux d'intensité moyenne les plus élevés utilisés pour le diagnostic sont supérieurs aux niveaux qui ont engendré une modification de la contractilité du myocarde. Des expériences ont été menées pour déterminer si les impulsions acoustiques courtes utilisées à des fins diagnostiques auraient le même effet sur le myocarde que les rayonnements à ondes continues utilisés dans nos études antérieures. Nous avons examiné les effets

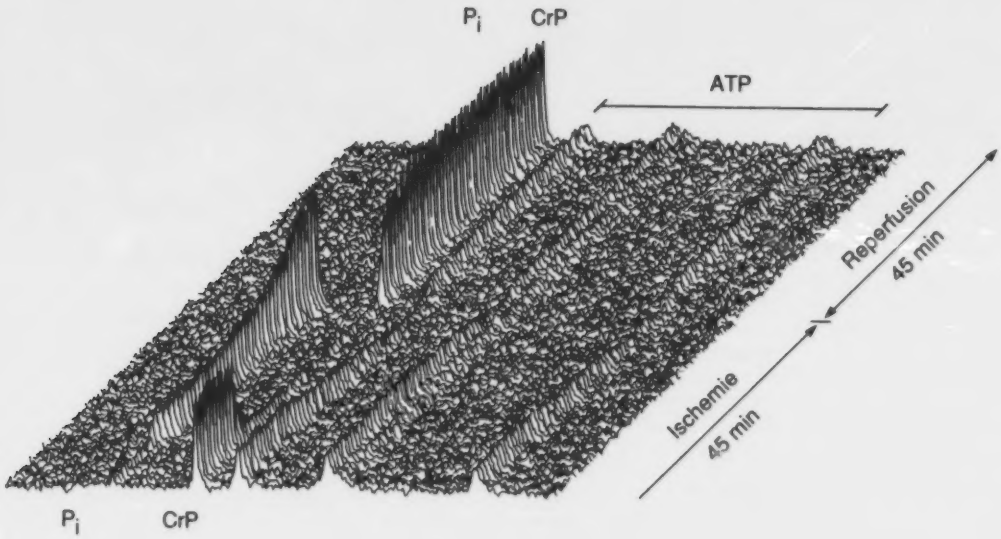


Figure 4 Spectres de résonance magnétique d'un coeur de rat dans lequel le flot des éléments nutritifs a été interrompu et ensuite rétabli. Les spectres sont obtenus à intervalles de 30 s. Les pics de droite sont proportionnels à la concentration de la phosphocréatine (PCr), source d'énergie pour le coeur en période de stress. Le pic de gauche représente le phosphate organique (Pi), qui est l'un des produits de dégradation de la PCr. À noter l'accumulation de Pi au fut et à mesure que la PCr diminue et la remontée du PCr au fur et à mesure que le Pi diminue lors du rétablissement du flot des éléments nutritifs.

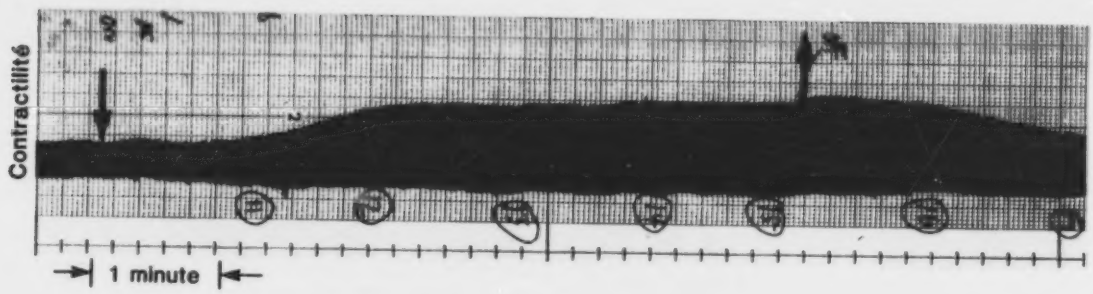
d'impulsions d'ultrasons semblables à celles qui sont utilisées dans les systèmes Doppler pulsés sur des préparations de muscle papillaire isolé.

Les ultrasons de diagnostic simulés ont provoqué une augmentation marquée de la contractilité du myocarde (figure 5). Les paramètres acoustiques se situent à l'intérieur de la gamme des valeurs utilisées cliniquement et, même s'ils se situent dans le haut de la gamme, la réponse observée a été de grande amplitude (variation de 90 % de la contractilité). Ces résultats constituent la première indication que des modifications physiologiques seraient causées par des impulsions acoustiques semblables à celles qui sont utilisées dans le cas du diagnostic par Doppler pulsé. Même si les ultrasons Doppler pulsés ont une grande utilité clinique, il serait inacceptable qu'ils aient des effets nocifs sur le développement du foetus. Il est donc essentiel que ces résultats soient étudiés plus à fond afin que l'on puisse évaluer leur importance clinique.

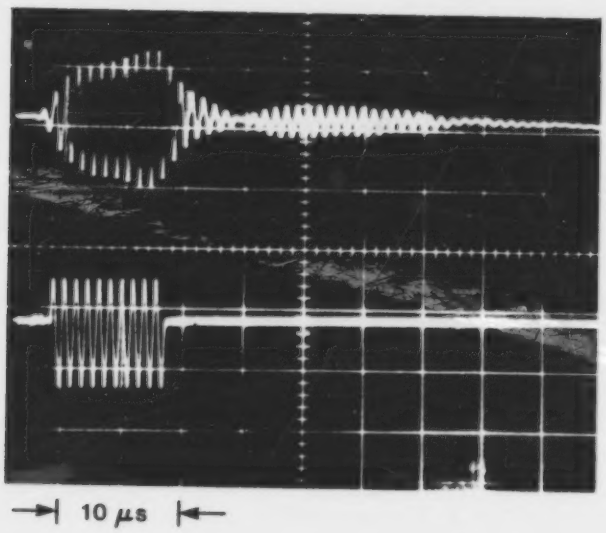
Effets des ultrasons sur le transport de l'oxygène

■ A.J. Mortimer – B.J. Trollope

Les résultats de nos études *in vitro* et *in situ* sur l'effet des ultrasons sur le myocarde indiquent que la contractilité du muscle cardiaque augmente le plus lorsque le myocarde est en état d'hypoxie ou que ses autres substrats métaboliques sont sur le point d'être épuisés. Une explication de ces hausses de performance serait que les ultrasons augmentent le transport d'importantes composantes dans la cellule. Bien qu'il soit relativement simple d'étudier le transport d'un grand nombre de substrats métaboliques importants, il est extrêmement difficile d'évaluer le transport de l'oxygène dans les cellules en activité. Nous avons donc choisi d'utiliser un système de membrane isolée pour vérifier l'hypothèse selon laquelle les ultrasons augmenteraient le transport de l'oxygène.



(a)



(b)

Figure 5 Effet des ultrasons de diagnostic simulés sur la contractilité du muscle papillaire isolé (chat): (a) l'irradiation a commencé à (ı) et a pris fin à (ı); (b) la forme de l'onde de l'impulsion acoustique apparaît sur le panneau du bas.

Le transport de l'oxygène à travers la peau abdominale de grenouille a été étudié en utilisant aussi bien des ultrasons en mode continu que des ultrasons en mode pulsé. La peau de grenouille constitue un modèle expérimental adéquat puisqu'elle a des capacités de transport de l'oxygène bien connues (utilisées pendant l'hibernation) et qu'elle est considérée comme un modèle type pour l'étude des phénomènes de transport dans les membranes. Nos résultats indiquent que les ultrasons augmentent de façon sensible le transport de l'oxygène et que le mécanisme d'action est probablement une agitation ou un écoulement induit par les ultrasons à la surface de la membrane. L'absence de dépendance à l'égard de la durée de l'impulsion acoustique indique que la réponse n'est pas le fait de la cavitation (bulles générées acoustiquement), mais de l'induction d'un écoulement étant donné qu'à intensité constante, la cavitation est proportionnelle à la durée d'impulsion. Les mécanismes physiques de transport de l'oxygène sont semblables à ceux qui sont indiqués pour la peau de grenouille.

Bien que les études sur des systèmes de membrane isolée ne puissent expliquer directement l'augmentation de la contractilité, nous avons montré que l'ultrasonothérapie peut augmenter le transport de l'oxygène. Cette information nous aidera à prévoir la réaction d'autres systèmes, comme le coeur et les plaies en voie de cicatrisation, à l'ultrasonothérapie.

Angioplastie au laser guidée par ultrasons

Dans le domaine de la chirurgie cardiaque, on a commencé depuis peu à utiliser sur une base expérimentale un laser Eximer pour déloger la plaque (ou dépôt de gras) de l'intérieur de l'artère coronaire. Connue sous le nom d'angioplastie transluminale des vaisseaux coronaires, la technique pourrait supprimer le recours à la chirurgie dans le traitement d'un grand nombre d'affections de l'artère coronaire. Il n'est pas nécessaire d'ouvrir le thorax pour procéder à l'angioplastie transluminale. Elle permet donc de réduire les coûts d'hospitalisation et d'accélérer le rétablissement du malade. L'angioplastie au laser Eximer produit une incision extrêmement nette qui ne cause ni brûlure ni traumatisme des vaisseaux sanguins.

À l'heure actuelle, cette technique ne trouve qu'une application limitée parce que le cardiologue est incapable de faire la distinction entre la plaque qui doit être éliminée et les parois vasculaires qui doivent demeurer intactes. On met actuellement au point un système de télémétrie par ultrasons pour distinguer la plaque des parois du vaisseau. Un prototype utilisant une sonde à ultrasons d'un diamètre de 1 mm a été fabriqué. On examine présentement des échantillons de plaque humaine pour déterminer les caractéristiques des ultrasons réfléchis. Des essais préliminaires indiquent que l'instrument peut distinguer la plaque des parois vasculaires. Il est donc permis d'espérer que nous disposerons bientôt d'un outil utile sur le plan clinique.

■ Amélioration des renseignements biologiques

Objectif

1. Mettre au point de meilleurs instruments et méthodes de collecte, d'analyse et d'interprétation des données afin d'améliorer notre connaissance des processus biologiques.

Si l'on veut que la prestation des soins de santé continue de s'améliorer et si l'on veut réduire les coûts du système de soins de santé, il faut accroître les capacités décisionnelles des spécialistes de la santé en ce qui a trait au diagnostic et à la thérapeutique. De meilleures capacités décisionnelles devraient déboucher sur une meilleure gestion médicale et des périodes d'hospitalisation plus courtes. Les techniques qui ont un rôle essentiel à jouer dans ce domaine sont celles qui génèrent des données par des moyens non effractifs ou moins effractifs et celles qui facilitent l'interprétation des données.

La Section de génie médical met au point des techniques non effractives dans le but de corriger un certain nombre de problèmes, dont l'ostéoporose qui est une source de préoccupation importante dans le cas des personnes âgées. On estime que dans l'ensemble du pays, environ 1 % de toutes les dépenses de santé sont consacrées à cette seule maladie.

Un autre domaine d'intérêt est celui des systèmes à base de connaissances. Des recherches sont actuellement en cours sur les moyens d'améliorer les capacités décisionnelles des spécialistes de la santé. Les recherches portent, entre autres, sur la gestion des bases de données et d'autres techniques d'acquisition de connaissances automatisée (voir la figure 6).

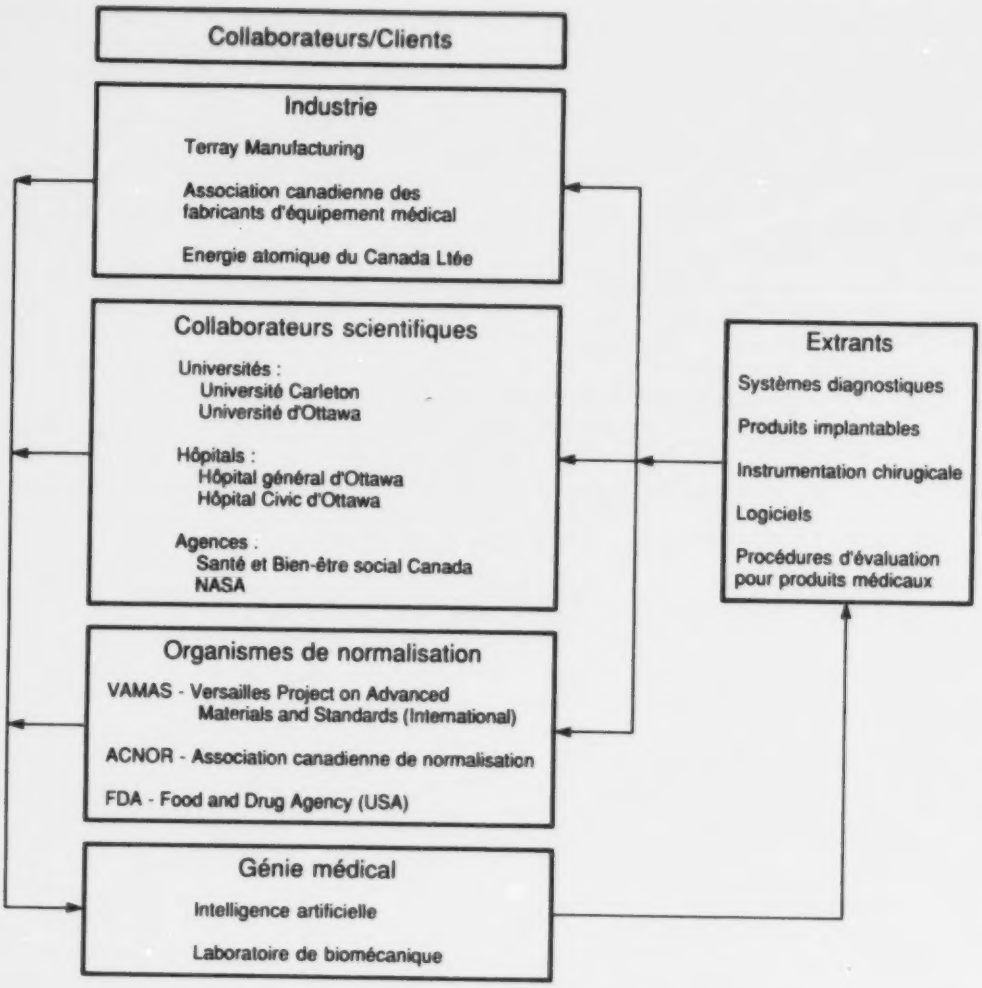


Figure 6 Amélioration des renseignements biologiques.

Analyse structurale non effractive des tissus calcifiés

■ R.C. Black – A. Foux – C. Merritt – O.J. Svec[1] – H.K. Uhthoff[2]

Dans le cas des personnes âgées, les fractures de la colonne vertébrale et des membres inférieurs entraînent une hospitalisation prolongée et, souvent, une perte d'autonomie. L'évaluation par des méthodes non effractives, de la résistance des os en des points critiques serait très importante pour l'élaboration des méthodes de prévention des fractures de l'os ostéoporotique et des complications invalidantes qui en découlent. Le segment proximal du fémur a été choisi comme la structure la plus importante à étudier étant donné que la prévalence des fractures de la hanche est élevée et que les complications sont invalidantes, sinon mortelles.

Pour effectuer une analyse structurale non effractive des os, un projet pilote a été entrepris en vue d'intégrer les données cliniques sur la densité à des modèles à éléments finis. Le plan de recherche doit se dérouler

[1]Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada.
[2]Université d'Ottawa, Ottawa (Ontario).

par étapes successives et commencer par une étude de validation de principe mettant à contribution des coupes minces d'os entier et des modèles structuraux bidimensionnels correspondants.

Au cours de la dernière année, des techniques ont été mises au point en collaboration avec le Laboratoire des os et des articulations de l'Université d'Ottawa pour obtenir les tissus et les données nécessaires à l'étude. Des échantillons de fémur ont été préparés au Laboratoire des os et des articulations et des données scanographiques ont été obtenues. Des coupes minces ont ensuite été réalisées parallèlement au long axe du fémur, donnant ainsi des spécimens représentatifs d'un modèle structural bidimensionnel de la partie proximale du fémur (comprenant le corps, le col et la tête). Des radiographies de contact ont été prises pour l'obtention d'images de densité à haute résolution pouvant être numérisées et analysées.

Les images radiographiques planes ont été numérisées et analysées pour établir des règles uniformes pour la définition de l'architecture interne de l'os spongieux (trabéculaire). Cette architecture forme la base de la génération automatique d'un modèle quadrillé à éléments finis. La modélisation structurale a commencé avec l'élaboration d'un modèle bidimensionnel, tel que représenté par les coupes de l'os fémoral. On a simulé des changements de l'architecture interne de l'os, des propriétés mécaniques du matériau et de la charge externe pour déterminer la sensibilité du modèle. Des installations d'essais biomécaniques ont été aménagées pour vérifier la compatibilité entre la modélisation et les épreuves mécaniques. Des coupes d'échantillons dont les propriétés matérielles sont connues et uniformes ont été taillées aux dimensions des modèles d'échantillons d'os et préparées pour faire l'objet de mesures de déformation.

Laboratoire d'essais biomécaniques

■ R.C. Black – L. McSheffrey – R. Skrypnyk – M.A. Lovas – G.W.D. Armstrong[1] – P. Murnaghan[1]

Les techniques non destructives mises au point dans le cadre du projet d'analyse structurale non effractive ont trouvé des applications dans d'autres études orthopédiques. L'évaluation non destructive des propriétés flexionnelles mécaniques de l'os entier a servi à tester des plaques d'ostéosynthèse. Un profil de rigidité flexionnelle polaire et des indices d'efficacité de la guérison (voir la figure 7) ont été utilisés pour l'évaluation de la conception des plaques d'ostéosynthèse.

Des projets sont effectués en collaboration avec l'Hôpital général d'Ottawa pour améliorer la conception des plaques d'ostéosynthèse. Les plaques de compression rigides conçues après la Deuxième Guerre mondiale ont amélioré le rétablissement post-opératoire et réduit les coûts de santé en raccourcissant la durée de l'hospitalisation. On croit cependant que des plaques extrêmement rigides protégeraient l'os contre les charges normales qu'il a à supporter et provoqueraient une perte localisée de tissu osseux (ostéoporose par inactivité). Un programme de conception et d'évaluation a été mis sur pied en vue de déterminer la charge axiale optimale et la rigidité directionnelle correspondante de la plaque qui sont nécessaires au maintien de la microstructure et de la rigidité osseuses corticales normales. Ces recherches amélioreront notre connaissance des relations qui existent entre la fonction de soutien du poids du corps et la structure osseuse.

Le laboratoire de biomécanique a aussi participé aux études concertées effectuées à l'hôpital Civic pour la mise au point d'une plaque de fixation spinale antérieure (voir la figure 8). Plusieurs causes peuvent être à l'origine de la destruction ou de lésions graves du corps vertébral antérieur. Lorsque l'approche indiquée pour l'intervention chirurgicale est frontale (antérieure), il faut installer des implants qui donnent une stabilité structurale pendant la phase subséquente de la guérison ou qui fonctionnent comme partie intégrante de la structure permanente lorsque la malade est atteint d'une maladie terminale à court terme. Les efforts qui ont été faits en vue de concevoir une plaque antérieure sont demeurés sans lendemain, mais un système plus simple conçu dans notre laboratoire donne déjà des résultats prometteurs. Cette plaque est appliquée à distance des principaux vaisseaux sanguins et sa structure profilée prévient les complications vasculaires liées à d'autres systèmes. Le laboratoire de biomécanique a rendu possible l'évaluation de ces dispositifs et aidé au transfert de cette technique au secteur privé. D'autres essais cliniques nationaux et internationaux sont envisagés et on planifie actuellement d'autres essais d'évaluation portant sur des interventions et des concepts chirurgicaux précis.

[1]Hôpital Civic d'Ottawa, Ottawa (Ontario).

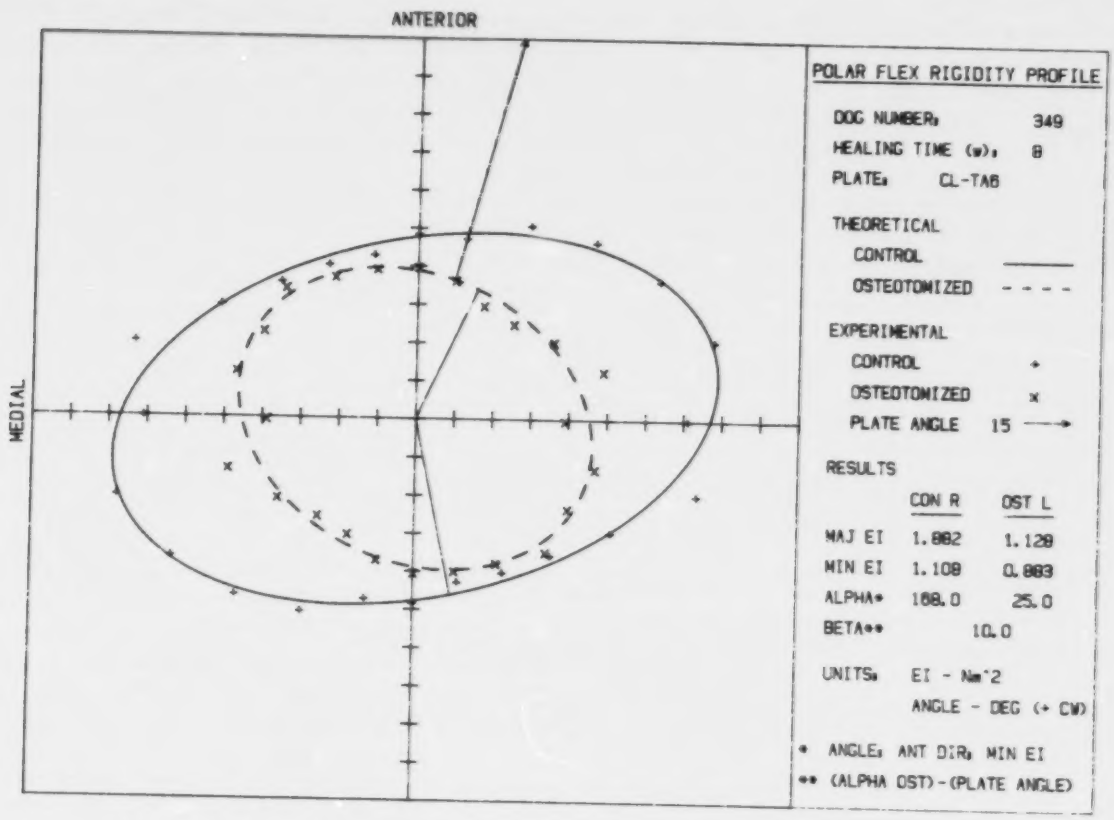
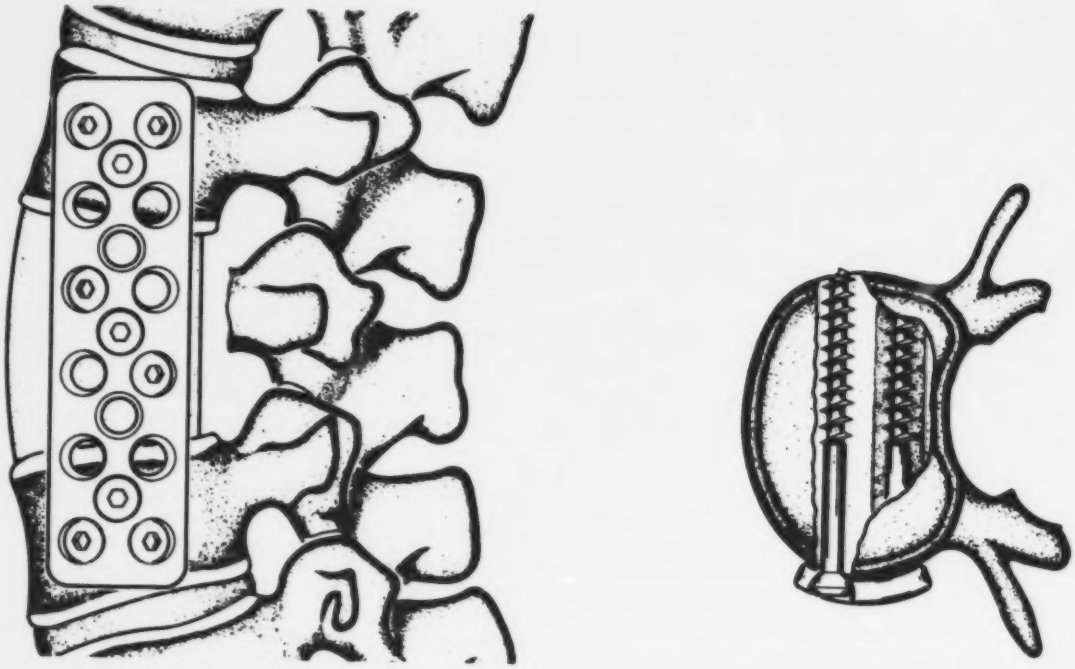


Figure 7 Profil de rigidité flexionnelle polaire fondé sur un ajustement de régression elliptique.

Un second projet est mené en collaboration avec l'hôpital Civic d'Ottawa. Il s'agit de la détermination objective non effractive du mouvement de l'épaule. Ce système de mesure est utilisé à des fins d'évaluation des traitements, de diagnostic et de planification des interventions chirurgicales. Des études cliniques sont actuellement effectuées à l'aide d'un goniomètre électromécanique à trois degrés de liberté mis au point dans la Section. Un deuxième instrument, un «tracker» magnétique à six degrés de liberté est actuellement étudié en vue de son application dans le cadre d'une analyse plus détaillée du mouvement. L'année dernière, ce système a été adapté de façon à pouvoir fonctionner avec le logiciel existant d'Apple II pour vérifier les interfaces mécaniques homme/transducteur. On met actuellement au point un logiciel qui sera utilisé avec un système compatible IBM AT pour permettre l'utilisation de graphiques tridimensionnels.

Éducation

Un cours de deux ans en génie biologique a été créé à l'intention des résidents en orthopédie de l'Université d'Ottawa; ce cours constitue une introduction aux concepts biomécaniques essentiels à l'exercice de l'orthopédie. Il est important de contribuer à ce programme éducatif pour éveiller l'intérêt des résidents pour la recherche et ce, dans l'intérêt futur du système de soins de santé. De plus, il y a eu supervision d'une thèse de dernière année du Département de génie mécanique. Le projet de thèse portait sur l'évaluation de la fixation de la plaque spinale aux corps vertébraux à l'aide de vis à os spongieux et de ciment pour les os.



(a) (b)

Figure 8 Plaques de fixation spinales antérieures : (a) vue latérale; (b) vue de dessus.

Paradigmes de découverte pour la classification taxonomique des maladies

■ D. CRABTREE – J.W. BRAHAN – H.T.J. MOUNT[1] – M. NIKTASH[2] – I.S. PRESSMAN[2]

En médecine, la capacité de comprendre, de diagnostiquer et de traiter les maladies est fondamentalement reliée aux habiletés inductives des experts qui établissent et améliorent les classifications taxonomiques des maladies. (La classification taxonomique désigne la répartition des sujets dans des classes tandis que la classification diagnostique désigne l'assignation d'un sujet à une classe donnée.) Axiomatiquement, ces habiletés reposent sur la perception d'un degré relativement élevé d'homogénéité à l'intérieur des classes de maladies définies par les limites choisies. Elles supposent une connaissance de la force des associations entre les divers états de diagnostic intermédiaires et les classes de maladies définies par les limites choisies. L'erreur augmente si la charge de traitement, par l'expert, de l'information liée à toutes ces variables atteint les limites de la capacité humaine de traitement de l'information. Il y a échec si la charge excède cette capacité. En d'autres termes, aux frontières de la compréhension humaine, les habiletés inductives des experts débouchent sur des connaissances imparfaites et n'ont pas accès aux connaissances latentes qui, audelà de ces frontières, attendent d'être découvertes. En termes de comportement organisationnel, cela se produit quand la complexité du problème dépasse l'aire de contrôle de l'expert. Les conséquences immédiates d'un tel problème sont la non-homogénéité des populations à l'intérieur des classes de maladies. Cette situation ralentit ou interrompt complètement l'évolution de la modélisation des processus patho-physiologiques parce que la validation du modèle est tributaire des comparaisons entre ses variables d'état et les variables mesurées ou observées au sein d'une population homogène. En médecine, une grande partie de la compréhension de ces classes de maladies est donc enfermée dans les limites de la description phénoménologique imparfaite qui fait obstacle à la mise au point de techniques améliorées de diagnostic et de traitement des maladies. La science, en général,

[1]Université d'Ottawa, Ottawa (Ontario).
[2]Université Carleton, Ottawa (Ontario).

a besoin de méthodes plus perfectionnées pour raffiner et, partant, transcender les descriptions purement phénoménologiques de la nature, surtout pour les systèmes complexes qui comportent un grand nombre de variables. La médecine, en particulier, a besoin d'une méthodologie générale pour une meilleure orientation de la recherche pathophysiologique.

Une façon de comprendre, de reproduire et d'étendre les habiletés inductives permettant aux experts d'établir et d'améliorer les classifications taxonomiques des maladies consiste à modéliser ces habiletés par la mise au point de paradigmes à des fins d'application machine.

En science des systèmes à base de connaissances, l'un des principaux sujets de recherche est actuellement l'apprentissage automatique. La technologie qui s'y rapporte n'en est qu'à ses débuts.

En principe, les applications machines des paradigmes de découverte éliminent le problème de la capacité humaine limitée de traitement de l'information décrit plus haut en fournissant un outil d'apprentissage automatique par l'analyse de données représentatives obtenues des sujets. Au fur et à mesure que les bases de données sur les sujets s'accroîtront, ces outils continueront d'améliorer et d'élargir les connaissances qui sont à la base de la classification des maladies. Les paradigmes de découverte reposent sur des méthodes numériques, symboliques ou les deux.

Une équipe formée de chercheurs provenant des ministères et établissements participants a entrepris une étude pour déterminer s'il est possible d'automatiser les habiletés inductives permettant aux experts de rassembler les données sur les sujets pour établir des classifications taxonomiques des processus morbides. L'étude portera sur le domaine médical, mais on sait déjà que de nombreux processus dans les secteurs industriel, militaire, etc. pourraient profiter de la classification taxonomique automatisée. Le champ d'application de l'étude sera la dégénérescence familiale de la rétine qui regroupe un ensemble de troubles visuels et qui présente toutes les caractéristiques des maladies plurifactorielles mal comprises dont il a été question ci-dessus. Trois tâches sont prévues pour l'exécution du projet dans un délai d'un an. La première tâche consiste à modéliser les processus de découverte nécessaires à la classification taxonomique. La deuxième tâche consiste à déterminer les états intermédiaires qui forment la structure du modèle et à rassembler les données intermédiaires correspondantes pour les personnes atteintes d'une dégénérescence familiale de la rétine. La troisième tâche comprend la spécification des paradigmes de découverte pour l'application machine, l'application partielle de ces paradigmes à des fins de démonstration et l'évaluation du système de démonstration.

MÉMOIRES RÉCENTS — GÉNIE MÉDICAL

Publiés

- ☐ Black, R.C. Animal experiments in the analysis of implants. Comptes rendus du 12e Congrès canadien du génie biomédical, Vancouver (C.-B.). 23–27 juillet 1986. pp. 154–155. CNRC 27734.
- ☐ Forester, G.V., Peterson, E.A., et Roy. O.Z. Effect of herapeutic therapeutic level ultrasound on visual evoked potentials in the hypoxic cat. Ultrasound Med. Biol. 13(5); 259–265; 1987. CNRC 27838.
- ☐ Foux, A., Black, R.C., et Skrypnyk, R. Polar flexural rigidity profile. Compte rendus du 12e Congrès canadien du génie biomédical, Vancouver (C.-B.). 23–27 juillet 1986. pp. 144–145. CNRC 27421.
- ☐ Korba, L.W., Rollin-Poirier, L., et Nelson, P.J. Alternate keyboard computer access: What does that mean? (Long résumé.) Proceedings of the S.M. Dinsdale International Conference in Rehabilitation, Ottawa (Ont.). 28–30 mai 1986. pp. WK 3 et WK 3.1. CNRC 27777.
- ☐ Legendre, J.P., et Forester, G.V. A fibre optic sensor of physiological parameters. «Optical Testing et Metrology,» Proceedings of SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Sciences and Engineering, Québec (Qué.). 3–6 juin 1986. Vol. 661, pp. 218–223. CNRC 25929. (Long résumé.)

- ☐ LEGENDRE, J.P., MISNER, R., FORESTER, G.V., ET GEOFFRION, Y. A simple fibre optic monitor of cardiac and respiratory activity for biomedical magnetic resonance applications. J. Magn. Reson. Med. 3: 953–957; 1986. CNRC 27509.
- ☐ MORTIMER, A.J. Biological effects of diagnostic ultrasound: experimental results. British J. Radiol. 46: 68–69; 1986.
- ☐ MORTIMER, A., ET MACLEAN, J. A dosimeter for ultrasonic cavitation. Proceedings of the Annual Meeting of the American Institute of Ultrasound, Las Vegas (NV). J. Ultrasound Med. 5A(Suppl.): 137; 1986. (Long résumé.)
- ☐ MORTIMER, A.J., TROLLOPE, B., SCOTT, J., ET ROY, O.Z. The effects of therapeutic ultrasound on blood flow in the pig thigh. Proceedings of the Annual Meeting of the American Institute of Ultrasound. Las-Vegas (NV). J. Ultrasound Med. 5A(Suppl.): 179; 1986. (Long résumé.)
- ☐ PAULS, J. Role of the courts in determining responsibility and costs for building-related accidents. Proceedings of the 17th Annual Conference of the Environmental Design Research Association, Atlanta (GA). Avril 1986. p. 363. CNRC 27735.
- ☐ PAULS, J. The safety of people in public places. Proceedings of International Fire and Security Exhibition and Conference (IFSEC '86), London (Angleterre). Avril 1986. pp. 23–72. CNRC 27420.
- ☐ PAULS, J. Safety of movement on stairs: recent research findings, consumer concerns, and regulatory developments. Proceedings of Fourth International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons, Vancouver (C.-B.). Juillet 1986. Sous presse.
- ☐ PAULS, J. Movement of people in buildings: an international review of two decades of research and technology transfer. Proceedings of the Tenth Triennial Congress of the International Council for Building Research, Studies and Documentation, Washington (DC). September 1986. Vol. 7, pp. 2982–2991. CNRC 27419.
- ☐ PAULS, J. Are functional handrails within our grasp? Proceedings of the 18th Annual Conference of Environmental Design Research Association, Ottawa (Ont.). Mai 1987. Sous presse.
- ☐ PAULS, J. Movement of people. *Dans* Handbook of Fire Protection Engineering, Fundamentals. Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Boston (MA). Sous presse.
- ☐ PAULS, J. Calculating evacuation times for tall buildings. Fire Safety Journal. Sous presse.
- ☐ ROY, O.Z., SCOTT, J.R., ET TROLLOPE, B.J. 60 Hz ventricular fibrillation thresholds for large-surface-area electrodes. Med. Biol. Eng. Comput. 24: 471–474; 1986. CNRC 26554.

Présentés

- ☐ BEATTIE, R., ET BLACK, R.C. Biomechanics Lecture II. Implant and biological materials. Hôpital Civic d'Ottawa, Ottawa (Ont.). 5 février 1986.
- ☐ BEATTIE, R., ET BLACK, R.C. Biomechanics Lecture III. Tribology concepts and relevance. Hôpital général d'Ottawa, Ottawa (Ont.). 5 mars 1986.
- ☐ BEATTIE, R., ET BLACK, R.C. Biomechanics Lecture IV. Structural analysis of implants. Hôpital Civic d'Ottawa, Ottawa (Ont.) 2 avril 1986.
- ☐ BLACK, R.C. Space: biomedicine and biotechnology — a review of the workshop held May 29–30, 1986. 12e Congrès canadien du génie biomédical, Vancouver (C.-B.). 23–27 juillet 1986.
- ☐ BLACK, R.C., SVEC, O.C., ET UHTHOFF, H.K. Non-invasive estimation of bone strength. CNRC/DGE Association de la Science, Ottawa (Ont.). 23 avril 1986.
- ☐ BLACK, R.C., ARMSTRONG, G.W.D., GARDNER, V., TIERNEY, K., ET ELLIOTT, R. The development and assessment of an anterior fixation plate. «New Horizons in Spinal Surgery,» Université d'Ottawa, Ottawa (Ont.). 8–10 mai 1986.
- ☐ CERCKEL, P.H., UHTHOFF, H.K., ET BLACK, R.C. The effects of metal plates on the healing of canine osteotomies — a structural and mechanical analysis. 20th Annual Meeting of the Canadian Orthopaedic Research Society, Edmonton (Alb.). 1–2 juin 1986.

- ☐ Charbonneau, J.R., et Poirier, L.R. Utilité du micro-ordinateur pour la personne handicapée. An International Conference on Physical Disabilities, Montréal (Qué.). 4–6 juin 1986.
- ☐ Forester, G.V. An overview of the effects of ultrasound on the heart. How is the effect mediated? Division de sciences biologiques, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ont.). Janvier 1986.
- ☐ Forester, G.V., et Mortimer, A.J. Medical ultrasound and biological effects, new questions and safety. CNRC/DGE Association de la Science, Ottawa (Ont.). 5 mars 1986.
- ☐ Forester, G.V., Peterson, E.W., Roy, O.Z., et Scott, J.R. Protective effect of therapeutic ultrasound on hypoxic brain. 21st Canadian Congress of Neurological Sciences, London (Ont.). Juin 1986.
- ☐ Forester, G.V., Peterson, E.W., Roy, O.Z., et Scott, J.R. The protective effect of therapeutic ultrasound on the hypoxic brain. 16th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Washington (DC). Novembre 1986.
- ☐ Gerig, L.H., Hauderowicz, Z., Danjoux, C.E., Mortimer, A., et Kashyap, S. Thermal mapping in vivo and in vitro for microwave induced hyperthermia. 34th Meeting of Radiation Research Society, Las Vegas (NV). 12–17 avril 1986.
- ☐ Hranchuk, K. Implications of assistive devices in education. Professional Development Day, Ottawa Regional School Boards Four-board Agreement for Special Education, Ottawa (Ont.). 16 octobre 1986.
- ☐ Hranchuk, K. Assistive devices and the developmentally delayed. Ontario Ministry of Community and Social Services, Prince Edward Heights, Picton (Ont.). 13 janvier 1987.
- ☐ Hranchuk, K. Assistive devices and the developmentally delayed. Ontario Ministry of Community and Social Services, Rideau Regional Centre, Smiths Falls (Ont.). 27 janvier 1987.
- ☐ Hranchuk, K., et Ehrenworth, J. Research implications for electronic equipment with the developmentally handicapped. Community Living Conference, Ottawa (Ont.). 19 février 1987.
- ☐ Korba, L.W. Technical aids at the National Research Council of Canada: past – present – future. School of Rehabilitation Therapy, Faculty of Medicine, Queen's University, Kingston (Ont.). 12 décembre 1986.
- ☐ Mortimer, A.J. The Canadian Life Sciences experimental program. NASA/Canada Life Sciences Briefing, Washington (DC). 13 janvier 1986.
- ☐ Mortimer, A.J. Canadian space physiology experiments (SPES). IML-1 Working Group, Marshall Space Flight Center, Huntsville (AL). 22 janvier 1986.
- ☐ Mortimer, A.J. Biological research at diagnostic ultrasound exposures. British Institute of Radiology and Roentgen Society, London (Angleterre). 15 mai 1986.
- ☐ Mortimer, A.J. Canadian scientific requirements for baseline data collection and preflight processing for IML-1. NASA/IML-1 Working Group, John F. Kennedy Space Center, Cape Canaveral (FL). 24 juin 1986.
- ☐ Mortimer, A.J. The ultrasound research program at the National Research Council of Canada. Guy's Hospital Medical School, London (Angleterre). 24 juillet 1986.
- ☐ Mortimer, A.J. Canadian experiments for the international microgravity laboratory. NASA/IML Science Working Group, Washington (DC). 11 septembre 1986.
- ☐ Mortimer, A.J. Recent advances in ultrasound physiotherapy. Département de physiothérapie, Hôpital Montfort, Ottawa (Ont.). 18 novembre 1986.
- ☐ Nelson, P.J. Computer access for the disabled. 4th Annual Symposium on Perspectives in Rehabilitation. IEEE Winnipeg Chapter and University of Manitoba, Winnipeg (Man). 9 mai 1986. (Invité.)
- ☐ Nelson, P.J. The MOD Communicator. Workshop on Augmentative and Alternative Communication Systems, Hôpital Hôtel Dieu, Kingston (Ont.). 4–5 septembre 1986.
- ☐ Nelson, P.J. The auto-MOD system. Microcomputers — Applications and Potential for Disabled Individuals. Seminar sponsored by the Multiple Sclerosis Society of Canada, Ottawa Division, and Designing Aids for Disabled Adults, Ottawa (Ont.). 17–19 septembre 1986.
- ☐ Nelson, P.J. Research at NRC on adaptive devices for disabled students. Regional Computer Advisory Committee, Ontario Ministry of Education, Ottawa (Ont.). 10 octobre 1986.

- ☐ Nelson, P.J. Computer adaptations for disabled people. Lifeskills Program, Ottawa YM-YWCA, Ottawa (Ont.). 11 décembre 1986.
- ☐ Pauls, J. Fire safety within the context of building use and safety. National Fire Protection Association Annual Meeting, Atlanta (GA). Mai 1986.
- ☐ Pauls, J. Means of egress and stair design: what is behind current changes in codes and standards? National Fire Protection Association, Fall Meeting, Denver (CO). Novembre 1986.
- ☐ Pauls, J. Stair safety and design. School of Architecture, Carleton University, Ottawa (Ont.). Février 1987.
- ☐ Pauls, J. Floor safety: the role of path surfaces in circulation safety. Research and Development Seminar, Armstrong World Industries, Lancaster (PA). Mars 1987.
- ☐ Thirsk, R., et Black, R.C. Working in space: ergonomic considerations. CNRC/DGE Association de la Science, Ottawa (Ont.). 18 juin 1986.
- ☐ Thirsk, R., et Black, R.C. Biomedical engineering research in space: a case history. 12e Congrès canadien du génie biomédical, Vancouver (C.-B.). 23–27 juillet 1986.

Brevets

- ☐ Forester, G.V., Mortimer, A.J., et Roy, O.Z. Method and device for enhancement of cardiac contractility. Brevet Can. 1,199,371. 14 janvier 1986. Brevet É.-U. 4,651,716. 24 mars 1987.
- ☐ Korba, L.W. Computer speed control. Brevet Can. 1,216,071. 30 décembre 1986. Brevet É.-U. 4,631,702. 23 décembre 1986.

LABORATOIRE DE GÉNIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET D'ÉNERGIE

Chef de laboratoire (intérimaire) — M.M.C. Collins

GÉNIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Chef de section — S. Kashyap

■ Introduction

Le programme de recherche à la Section de génie électromagnétique comprend des travaux dans divers domaines connexes : applications industrielles des micro-ondes, radars de précipitation et propagation des ondes, conception et mise au point d'antennes, et compatibilité électromagnétique.

L'objectif est de promouvoir, d'appuyer et d'effectuer de la recherche pour élargir le bassin des connaissances en génie électromagnétique et d'appliquer ces dernières à la résolution de problèmes d'intérêt national dans les domaines des normes, des communications, de l'alimentation et de l'énergie, en matière de traitement du cancer et à l'appui de l'innovation et du développement industriel par le transfert de la technologie à l'industrie.

La section était composée de 20 membres à la fin du mois de mars 1986. F.R. Hunt et R.E. Monnon ont pris leur retraite le 18 avril 1986. Quatre autres membres, W. Lavrench, A. Hendry, S.A. Stone et F. Vachon ont pris leur retraite à la fin du mois d'août 1986.

Aux prises avec des restrictions budgétaires graves, le CNRC a jugé nécessaire de mettre fin à un certain nombre de programmes, et la Section de génie électromagnétique n'a pas été épargnée. L'étude de certains aspects du projet de compatibilité électromagnétique se poursuivra dans le cadre d'un autre programme au sein de la Section d'énergie. Des efforts ont été déployés pour trouver des moyens de continuer à utiliser les installations restantes. Le secteur privé a manifesté un vif intérêt pour récupérer ces installations et une partie du personnel en vue d'offrir un service de mesure et de recherche à forfait. Même si aucune entente finale n'a été conclue, il est à espérer qu'un tel service verra bientôt le jour.

■ Applications industrielles des micro-ondes

Hyperthermie électromagnétique à 915 MHz

■ W. Wyslouzil – S. Kashyap

L'utilisation de l'hyperthermie électromagnétique pour le traitement des tumeurs malignes continue de gagner la faveur des chercheurs comme complément valable à la thérapie classique des rayonnements ionisants. Un projet de collaboration avec des travailleurs de la Clinique du cancer de l'hôpital Civic d'Ottawa se poursuit depuis le début de 1983; certains des premiers efforts ont été décrits dans le *Bulletin de la Division de génie électrique*, vol. 2, nº 5.

La plupart des premiers efforts ont porté sur l'utilisation d'applicateurs à micro-ondes fonctionnant à 2450 MHz (la fréquence utilisée dans les fours à micro-ondes domestiques). Malheureusement, la pénétration à cette fréquence est relativement faible de sorte que seules des lésions superficielles peuvent être traitées efficacement.

L'utilisation de fréquences plus basses, par exemple 915 MHz, semble permettre un traitement thermique plus en profondeur, tandis que l'utilisation de deux applicateurs ou plus offre la possibilité de non seulement traiter de plus grands volumes, mais aussi de contrôler la distribution de température à l'intérieur du

volume par un réglage approprié de la phase et de l'amplitude de l'énergie rayonnée par les différents applicateurs.

On a examiné la performance d'un ensemble d'applicateurs au moyen du montage expérimental qui est représenté à la figure 1.

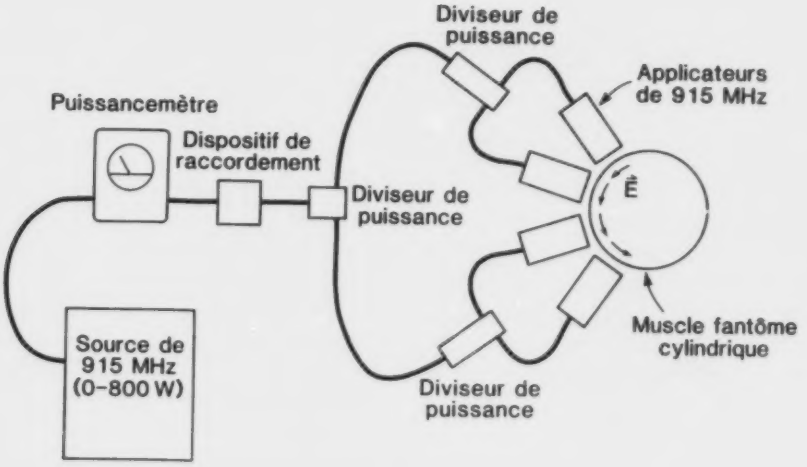


Figure 1 Montage expérimental pour le traitement thermique d'un muscle fantôme cylindrique.

À ce stade de l'étude, aucun effort n'a été fait pour contrôler l'amplitude du signal capté par chaque applicateur. Comme on peut le voir, on s'est contenté de répartir l'énergie également entre les applicateurs au moyen de diviseurs de puissance à deux voies : soit un, soit trois diviseurs selon qu'on utilisait deux ou quatre applicateurs. Cependant, on a fait varier le déphasage entre les applicateurs en modifiant la longueur des câbles d'interconnexion.

Les applicateurs sont constitués d'un guide d'onde ayant une ouverture de 10,9 cm × 5,5 cm (4,3 po × 2,15 po). Une telle ouverture est normalement trop petite pour transmettre de l'énergie à 915 MHz, de sorte qu'on a rempli les applicateurs d'une poudre diélectrique à faible perte pour ainsi augmenter la dimension apparente par rapport à l'influx d'énergie électromagnétique. Les applicateurs ont été disposés de façon que le champ électrique soit perpendiculaire à l'axe du cylindre à chauffer.

On fabrique un matériau «fantôme» ayant des propriétés diélectriques semblables à celles du tissu musculaire. Il s'agit d'un mélange d'eau, de poudre de polyéthylène, de sel et d'un agent gélifiant. On a choisi un cylindre de 12 cm de diamètre pour simuler la région du cou humain.

La distribution de température a été mesurée en faisant glisser des sondes à thermocouple multi-jonctions dans le matériau fantôme immédiatement après le traitement thermique et en effectuant rapidement quelque 40 mesures de température au moyen d'un enregistreur de données multi-voies. Un IBM PC a été utilisé pour traiter les données, et calculer et afficher les profils de température. Une autre méthode de visualisation de la répartition de la chaleur utilisera une caméra infrarouge à balayage qui peut produire une image thermique détaillée de la distribution de température sur une surface. Ainsi, pour visualiser les températures internes, il faut recourir à une division du fantôme le long du plan d'intérêt.

Des mesures ont été effectuées avec deux et quatre applicateurs; on a utilisé des applicateurs en phase et différentes combinaisons de déphasage.

Les mesures ont montré que la profondeur de pénétration est améliorée lorsqu'on utilise plusieurs applicateurs en fonctionnement cohérent (c'est-à-dire alimentés simultanément par une seule source); avec quatre applicateurs, on obtient une profondeur de pénétration d'à peu près le double de celle obtenue avec un seul applicateur. Ce résultat est illustré à la figure 2. On a aussi constaté que la forme de la distribution de la chaleur peut être contrôlée dans une certaine mesure en faisant varier le déphasage entre les applicateurs, même si des déphasages importants ont donné lieu à des répartitions anormales de la chaleur, par exemple des points chauds intenses dans l'axe du cylindre.

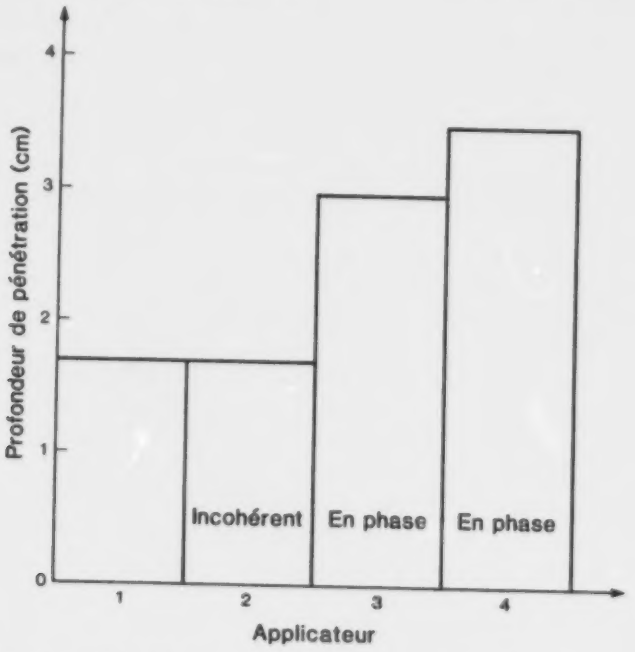


Figure 2 Profondeur de pénétration pour différentes configurations d'applicateurs.

Bien que ces résultats semblent prometteurs, il reste beaucoup de travail à faire quant au perfectionnement des applicateurs et à la mise au point de moyens pratiques pour contrôler tant la phase que l'amplitude de l'énergie en continu et par ordinateur.

Mesures diélectriques aux radiofréquences et hyperfréquences

■ J. AYER[1]

Une méthode de mesure plus rapide, mais moins précise, de la constante diélectrique des solides et des liquides au moyen de différents capteurs ou porte-échantillons, jusqu'à une fréquence de 1,0 GHz environ ont été examinée. Au moyen d'un porte-échantillon diélectrique modifié General Radio (1951), d'un impédancemètre vectoriel RF et d'un générateur de signal RF synthétisé, on a obtenu des valeurs expérimentales de la constante diélectrique avec une précision d'environ 15 % entre 1 kHz et 20 MHz. Les essais montrent qu'en améliorant le capteur, on pourra élargir la plage de fréquence et augmenter la précision. Un porte-échantillon expérimental pour liquides s'est révélé conceptuellement satisfaisant lors des premiers essais. Il faudra apporter d'autres modifications pour que le dispositif soit utilisable dans le système.

Un montage de capteurs E–H (1) a été modifié pour mesurer la constante diélectrique et les pertes tangentielles au moyen d'un voltmètre vectoriel et d'un générateur RF synthétisé. Des mesures ont été prises

[1]Déplacé au Bureau du développement industriel, Conseil national de recherches du Canada, en février 1987.

dans la plage de fréquence de 1 MHz à 1 GHz. Ce capteur pourrait aussi être utilisé pour les poudres diélectriques. Il faudra lui apporter des modifications pour le rendre utilisable avec les liquides. On a étudié la possibilité de developer une méthode automatique de mesure détaillée, en interface avec un ordinateur, permettant de mesurer avec une plus grande précision non seulement la constante diélectrique mais aussi les pertes tangentielles dans les solides et les liquides à différentes températures et humidités relatives, dans la plage de ~300 kHz à 3 GHz. Une étude de système a été effectuée pour intégrer un analyseur de réseau vectoriel et un générateur RF avec une interface ordinateur/imprimante. Ce système permettrait de mesurer la constante diélectrique et les pertes tangentielles des solides et des liquides à différentes températures et humidités relatives au moyen d'une chambre environnementale. On a aussi effectué une étude de conception de capteurs ou de porte-échantillons coaxiaux et guides d'ondes pour des solides et des liquides utilisables avec le système susmentionné.

Référence

1. F.S. Chute, M.R. Cervenan, et F.E. Vermeulen. A simple cell for the measurement of the radio frequency electrical properties of earth materials. Rev. Sci. Instrum. 49(12) : 1675–1679; 1978.

Bloc d'alimentation à magnétron

■ J. AYER[1]

Certaines expériences ont été effectuées en vue de réduire le volume et le poids d'un modèle courant de bloc d'alimentation à magnétron à ondes continues, c'est-à-dire environ 5 kV à 0,5 A et environ 3,0 V à 15 A.

Des études ont été effectuées sur les techniques de conception d'un matériel aéroporté haute tension/grande puissance, sur des noyaux de transformateur à aimant permanent haute fréquence de taille réduite, sur des techniques de refroidissement pour accroître la densité de courant dans les bobinages et sur l'utilisation du mode commuté à haut rendement exploitant la topologie des MOSFET et des BiMos à des fréquences de plus de 100 kHz en vue de réduire la taille des composantes.

Certaines combinaisons des techniques susmentionnées permettraient de construire un nouveau type de bloc d'alimentation à magnétron de volume et de poids relativement réduits et de rendement élevé.

■ Radar de mesures des précipitations et propagation des ondes

■ A. HENDRY – Y.M.M. ANTAR – L.E. ALLAN

Les travaux de recherche sur les radars ont porté sur l'étude de la relation qui existe entre l'orientation préférentielle des particules atmosphériques et les échos de radars en polarisation circulaire et linéaire (figure 3). Les résultats de ces travaux ont permis de trouver des moyens de séparer les effets de l'orientation préférentielle des effets des distributions des formes des particules, et ainsi d'améliorer de beaucoup les possibilités d'utilisation du radar en télédétection des précipitations.

Des mesures de dispersion ont été effectuées sur divers échantillons de végétation, y compris des feuilles et des branches d'arbres de tailles et de types différents. Les premiers résultats ont révélé que ces mesures sont très utiles pour évaluer des modèles qui sont en voie de mise au point pour des applications en télédétection. Le projet de collaboration avec des chercheurs de l'Université d'Essex au Royaume-Uni s'est poursuivi, et des résultats très intéressants ont été obtenus (figure 4). Des efforts semblables de collaboration ont été entrepris et se poursuivent avec l'Université du Manitoba à Winnipeg (Manitoba) et l'University of Texas à Arlington (Texas).

Beaucoup de temps a été consacré à l'amélioration des systèmes radars. Un nouveau réflecteur en fibre de verre pour les antennes à bande X a été construit et mis à l'essai, et le système a été remis en service. L'antenne de radar à bande Ku a été réparée; on avait découvert que sa surface en forme de paraboloïde avait été légèrement déformée. D'autres modifications ont été apportées au système de dispersion; un nouveau commutateur de guide d'ondes qui permet la commutation rapide de la direction de polarisation a été ajouté.

[1]Déplacé au Bureau du développement industriel, Conseil national de recherches du Canada, en février 1987.

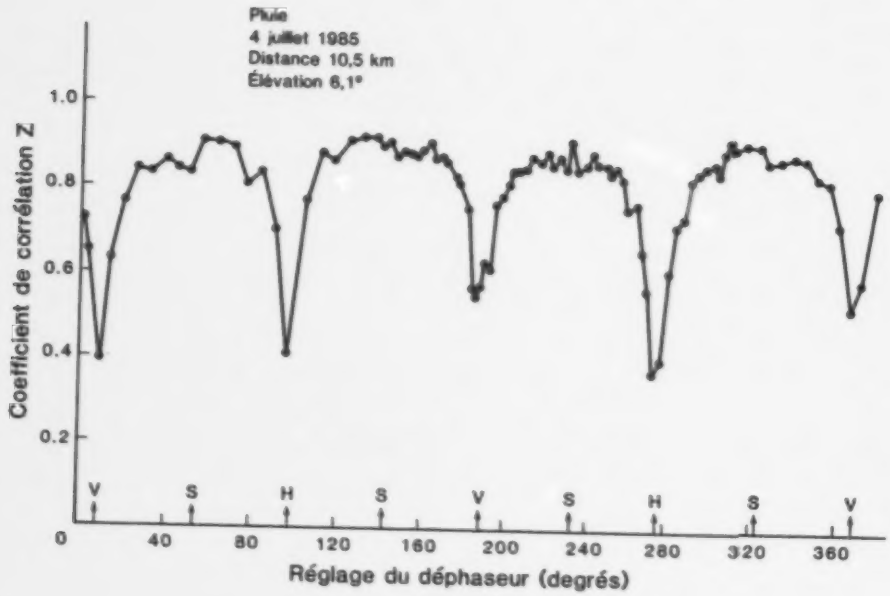


Figure 3 Valeurs mesurées pour le coefficient de corrélation dans la pluie, le 4 juillet 1985, avec une direction de polarisation variable. L'abscisse représente les données d'un déphaseur rotatif utilisé pour contrôler la direction de polarisation. Les repères V, S et H indiquent les réglages pour des directions verticales, obliques (45°) et horizontales, respectivement.

On a continué d'améliorer le logiciel du système radar et du système de dispersion. La documentation sur le système radar a été mise à jour. Un rapport décrivant l'installation de dispersion a été préparé.

Plusieurs communications ont été présentées lors de conférences. Beaucoup d'efforts ont été consacrés à l'identification de chercheurs de l'extérieur qui pourraient être intéressés à recourir aux compétences du CNRC en matière de polarisation. Des présentations ont reçu un accueil favorable dans certaines universités et autres institutions de recherche.

Analyse numérique

■ J.B. CAMPBELL

Dispersion diélectrique

On a examiné la théorie du problème de la dispersion diélectrique ainsi que des méthodes numériques applicables au problème.

La voie particulière qui a été retenue a consisté à ramener le problème à la résolution d'une équation intégrale de Fredholm. La résolution des équations intégrales de Fredholm est un problème bien connu de sorte que la recherche à porté essentiellement sur l'application des solutions de ces équations au problème actuel.

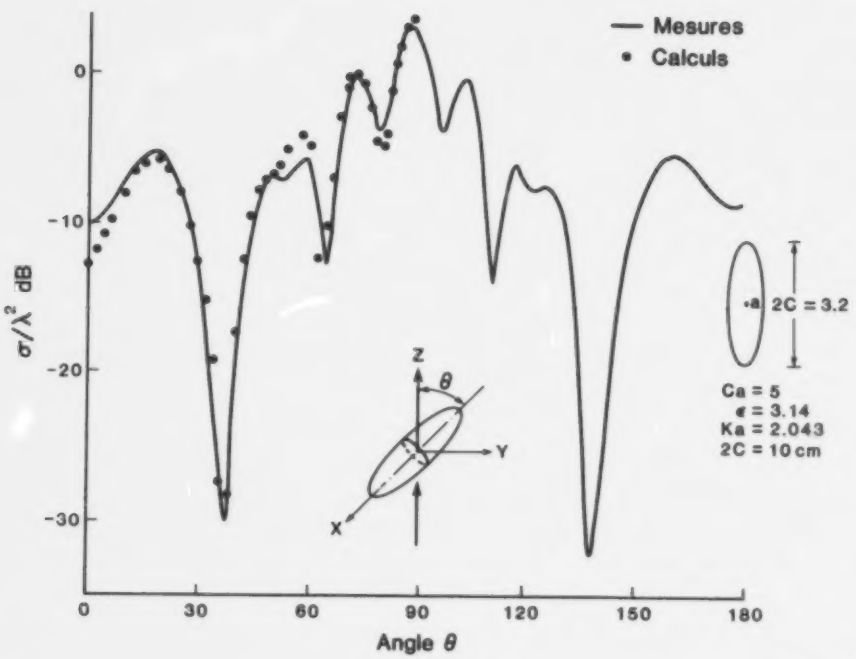


Figure 4 Section apparente normalisée de rétrodiffusion d'un radar à polarisation circulaire pour un sphéroïde allongé en glace synthétique.

Equation de Poisson dans un région torique

On a utilisé une transformation de Fourier rapide pour obtenir une approximation aux différences entre neuf points de l'équation de Poisson en coordonnées cylindriques avec symétrie axiale. On a fourni des résultats numériques d'après lesquels l'approximation aux différences donne des valeurs presque aussi précises que l'approximation correspondante en coordonnées rectangulaires.

Fonction de Bessel du troisième type modifiée

On a déterminé une méthode efficace pour trouver une approximation de l'ordre auquel il y a débordement dans la détermination des fonctions Bessel $K_\mu(x)$ et $e^x K_\mu(x)$ par récurrence directe. Nous avons utilisé à cette fin une fonction spline linéaire.

■ Compatibilité électromagnétique

■ S. KASHYAP – S.R. MISHRA

La chambre anéchoïde, les cellules TEM et les installations d'essai en espace libre ont été mis à la disposition de différents utilisateurs. Suivent quelques exemples de services rendus.

Trois antennes ont été reçues du Centre de la sécurité sur les communications du ministère de la Défense nationale pour fins d'étalonnage dans la plage 30–1000 MHz. La cellule TEM de 2,74 m × 2,74 m × 5,48 m, la chambre à revêtement absorbant et la terrasse d'essai en espace libre ont toutes été utilisées pour ce travail. L'analyseur de réseau HP-8510 a été utilisé pour effectuer les mesures dans la chambre à revêtement absorbant et sur la terrasse d'essai en espace libre. Une version automatisée de l'ancien analyseur de

spectres manuel HP-8554B a été utilisée pour les mesures dans la cellule TEM. Un certain nombre d'antennes ont été étalonnées de la même façon pour d'autres clients.

On a fait des essais d'émission et de sensibilité sur un certain nombre de récepteurs de recherche de personnes («paging») pour une entreprise locale. Pour les essais de sensibilité, on a utilisé une cellule TEM de 15 cm × 22,5 cm × 45 cm qui a été construite dans l'Atelier de développement de la DGE. On a aussi comparé les résultats avec les mesures prises au moyen d'une cellule TEM plus grosse ainsi qu'avec celles prises dans la chambre à revêtement absorbant et sur la terrasse d'essai en espace libre. Les récepteurs fonctionnaient à 146, 169 ou 470 MHz. Les appareils doivent aussi satisfaire à des spécifications d'émission, et ils ont été mis à l'essai à cette fin dans la chambre à revêtement absorbant et sur la terrasse d'essai en espace libre. Une antenne étalonnée et un indicateur d'intensité du champ (ou un analyseur de spectres) ont été utilisés à cet effet. L'analyseur de spectres s'est révélé plus facile à utiliser que l'indicateur d'intensité de champ qui était difficile à synchroniser aux différentes fréquences requises.

En plus de répondre aux besoins de différents ministères publics et industries, on a aussi effectué des travaux visant à atteindre les objectifs en matière de mise au point d'une méthode globale pour les mesures de CEM. En voici des exemples.

On a étudié la faisabilité de prendre des mesures de l'efficacité d'écrans de protection au moyen d'une cellule TEM double (figure 5) et d'une cellule TEM divisée. Des mesures ont été prises sur plusieurs échantillons offrant différents niveaux de protection au moyen des deux cellules TEM. On a constaté que l'utilisation des cellules TEM double et divisée impose certaines contraintes et que les résultats sont en général différents de ceux obtenus suivant la norme MIL-STD-285. Des résistances de contact variables, des fuites possibles et des différences dans l'orientation du champ E sont quelques-uns des facteurs qui influent sur les mesures. Il faudra poursuivre les recherches pour établir une corrélation entre les mesures prises par différentes méthodes.

Dans un effort pour améliorer les configurations d'antennes de transmission dans le but de déterminer la susceptibilité électromagnétique, on a entrepris un vaste programme de mesures visant à déterminer la distribution tridimensionnelle des champs électromagnétiques dans une chambre à revêtement absorbant. Les

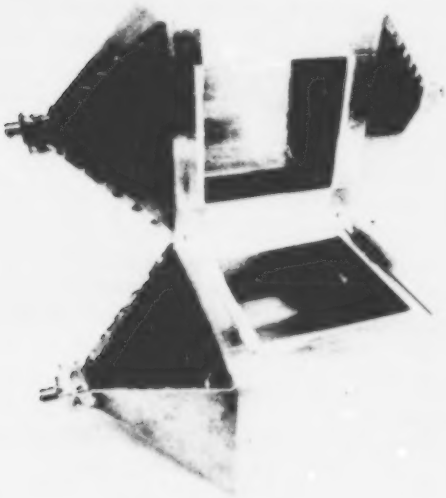


Figure 5 Cellule TEM fabriquée dans l'Atelier de développement de la DGE et servant à mesurer l'efficacité du blindage.

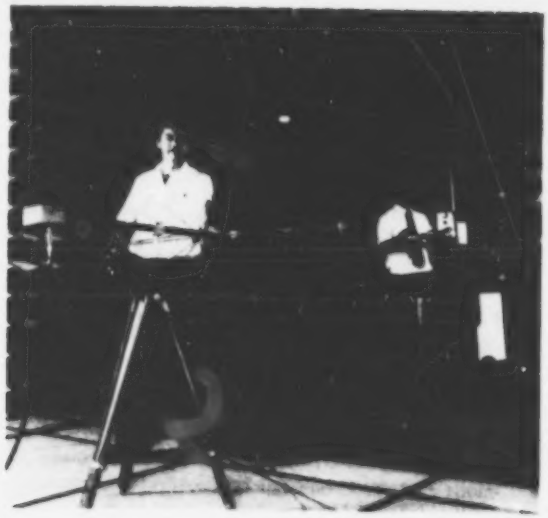


Figure 6 Chambre à revetement absorbant pour les études de CEM. Un positionneur commandé par ordinateur sur trois axes sonde les champs em.

antennes d'émission comprennent des monopoles, des dipoles et des boucles ainsi que des antennes à large bande telles que des antennes log-périodiques et des antennes biconiques. L'amplitude et la phase des champs sont mesurées au moyen de petites sondes électriques (dipole ou boucle protégée) montées sur un chariot permettant de placer la sonde en tout point d'un volume de 2 m × 2 m × 2 m. Le chariot est entièrement constitué de bois et d'autres matériaux de faible permittivité. Dans la figure 6, on peut voir la chambre à revêtement absorbant ainsi que le chariot de la sonde avec le système de coordonnées.

Les instruments de mesure sont réunis dans un système analyseur de réseau automatisé HP-8510. Le positionneur de sonde est entraîné par trois moteurs pas-à-pas commandés par un appareil de commande Daedal. Un ordinateur de table (HP 9000-236) est utilisé pour l'acquisition des données et est relié à l'analyseur de réseau et au positionneur par l'intermédiaire du bus IEEE-488. Des résultats très intéressants concernant la structure des champs à l'intérieur d'une chambre à revêtement absorbant, en particulier au voisinage de la résonance, ont été obtenus. Les résultats de cette recherche seront présentés lors de différents symposiums sur la CEM.

Afin d'améliorer la précision des mesures du facteur d'antenne, on a aussi examiné la possibilité d'utiliser des techniques de délimitation des domaines temporels pour réduire les erreurs causées par des réflexions parasites.

■ Conception et mise au point d'antennes

■ S.R. MISHRA – R. BALABERDA – J. HAZELL[1]

Comme au cours des années passées, de l'aide a été fournie à des universités, à des ministères publics et à des entreprises privées. Au total, 124 joursmesures ont été consacrés à cette clientèle. En ce qui a trait à l'aide aux universités, des séances d'enseignement et de pratique ont été données à des étudiants de l'Université d'Ottawa, à Ottawa (Ontario), et du Collège militaire royal de Kingston (Ontario). Des mesures de couplage d'antennes ont été effectuées dans le cadre d'un projet mené en collaboration avec l'Université Concordia de Montréal (Québec). Des antennes mises au point à l'Université Carleton d'Ottawa (Ontario) ont aussi été mises à l'essai.

Des services ont été rendus à plusieurs ministères publics.

Pour le compte du ministère de la Défense nationale, un programme de mesures de diagrammes de rayonnement a été réalisé pour l'antenne CH-135 tranline et on a commencé les mesures pour l'antenne en zigzag. Des diagrammes de rayonnement ont aussi été mesurés pour différentes antennes omnidirectionnelles. En outre, un vaste programme de mesures a été entrepris concernant l'installation d'antennes EW sur Challenger à partir d'une maquette grandeur réelle de la section du cône avant.

Les diagrammes de rayonnement d'antennes spéciales pour les projets de la Gendarmerie royale du Canada ont été évalués. Pour le compte de Transports Canada, des mesures de gain et de diagrammes de rayonnement ont été effectuées pour des antennes de surveillance secondaire destinées à des radars d'aéroport.

Des antennes brevetées ont été mises à l'essai pour le compte de nombreuses entreprises privées, notamment la Canadian Marconi, la Canadian Astronautics Ltd., la Cronama Ltd., la Mactra Ltd., la Parabolics et la Tiltek. Parmi les antennes évaluées, il y a les antennes réseaux pour MLS, SLAR, des antennes paraboliques et d'autres antennes spéciales de téléphonie, de communication radar et de télécommunication.

Le logiciel d'acquisition et de traitement des données continue d'être mis à jour. Plusieurs organismes se sont dits intéressés à obtenir le logiciel mis au point pour leurs systèmes de mesures sur les antennes. Le logiciel de post-traitement permet maintenant de tracer des courbes de niveau et des diagrammes de rayonnement en pseudo couleur en coordonnées rectangulaires et polaires.

Le nouvel analyseur de réseau HP-8510 a été intégré au système de mesure des antennes. Un ensemble complet de mesures a été réalisé afin d'en exploiter les capacités de délimitation des domaines temporels à des fins de réduction des erreurs multi-voies.

[1]Déplacé à la Division de l'espace, Conseil national de recherches du Canada, en janvier 1987.

Le CNRC en collaboration avec le laboratoire David Florida du ministère des Communications a été l'hôte de la huitième réunion annuelle de l'Antenna Measurement Techniques Association. Plus de 250 délégués d'un grand nombre de pays ont participé à la conférence et ont souligné la qualité de l'organisation. Un nombre record de communications techniques (plus de 50) ont été présentées et plusieurs entreprises ont présenté des modèles d'antennes ainsi que du matériel, des logiciels et des exposés sur des services se rapportant à des SRC.

Déformation des impulsions dans les fibres optiques

■ L.Y. Shih

Ce projet en vue de modéliser la déformation des impulsions optiques ultra courtes dans une fibre circulaire non linéaire a été lancé en décembre 1985. Un article traitant de l'utilité d'un tel projet a été publié dans le numéro précédent du *Bulletin de la Division de génie électrique* (vol. 2, nº 6).

Le projet comporte deux volets : en un premier temps, on a étudié comment l'impulsion optique ultra courte se propage dans une fibre diélectrique non linéaire sans tenir compte des effets d'amortissement et de dispersion de troisième ordre. Un ensemble complet de solutions analytiques a été obtenu pour le soliton optique. Une simulation sur ordinateur a aussi été effectuée pour étudier l'évolution d'un profil de soliton lorsque l'impulsion incidente est sujette à des conditions variables de la phase initiale. Les résultats numériques indiquent que l'effet d'auto-accentuation de l'impulsion, dans un cas, mène tôt ou tard à la formation d'une onde de choc et, dans l'autre cas, est annulé par un effet plus marqué dans la phase suivante. On a aussi observé que le changement asymptotique de la phase par rapport à sa valeur initiale varie linéairement en fonction de la distance le long de la fibre, tandis qu'une fluctuation de la phase commence à la position du maximum de l'enveloppe et s'étend sur toute la queue de l'impulsion. Un manuscrit faisant état de cette partie des travaux a été présenté pour fins de publication à l'extérieur.

Dans la deuxième partie, on propose d'étudier l'effet de la dispersion de troisième ordre. Les travaux se poursuivent.

MÉMOIRES RÉCENTS — GÉNIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Publiés

- ☐ Allan, L.E., Antar, Y.M.M., et Hendry, A. Facility for measurements of the electromagnetic backscattering matrix elements of a single body. CNRC/ERB-990, mai 1986. 33 pages. CNRC 26138.
- ☐ Antar, Y.M.M., et Allan, L.E. Backscattering characteristics of dielectric targets at 9.6 GHz. Proceedings of the AP-S International Symposium 1986, Antennas and Propagation, Philadelphia (PA). 8–13 juin 1986. Vol. 1, pp. 297–300. CNRC 25511.
- ☐ Antar, Y.M.M., et Hendry, A. Electromagnetic correlation in two-channel radar systems: Theory and measurement at linear polarization. Proceedings of the Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics (ANTEM), Winnipeg (Man.). 13–14 août 1986. Chapter I, pp. 1–10. CNRC 25999.
- ☐ Antar, Y.M.M., et Hendry, A. Theory and measurements of electromagnetic correlation in two-channel radar systems. Electromagnetics. Sous presse.
- ☐ Ayer, J. NRC offers phase-change, single-axis, PV array tracker development for further assessment. Photovoltaics Tech. 2(2): 1; 1985.
- ☐ Ayer, J. Measurement of dielectric constant at rf and microwave frequencies. RF Design, April 1987.
- ☐ Balaberda, R., et Hazell, J. Radiation pattern measurements of a TRANLINE antenna on a scale model of the CH-135 Bell helicopter. CNRC/ERB-991, juillet 1986. 158 pages. CNRC 26491.

- BALABERDA, R., ET MISHRA, S.R. On the use of HP-8510 network analyzer for antenna pattern measurements. Proceedings of the Annual Symposium of Antenna Measurement Techniques Association, Ottawa (Ont.). 23–25 septembre 1986. pp. 13–17. CNRC 26099.
- CAMPBELL, J.B. Some results for the computation of the modified Bessel function of the third kind. CNRC/ERB-1004, mars 1987. 8 pages. CNRC 27482.
- CAMPBELL, J.B. Numerical solution of Poisson's equation in a toroidal region with a rectangular cross section. CNRC/ERB-1005, mars 1987. 18 pages. CNRC 27483.
- HENDRY, A., ET ANTAR, Y.M.M. Measurements of orientation and shape factors of precipitation from sequential observations at linear and circular polarizations. Proceedings of the 23rd Conference on Radar Meteorology, Snowmass (CO). 22–26 septembre 1986. Vol. 1, pp. 66–69. CNRC 25785.
- HENDRY, A., ANTAR, Y.M.M., ET MCCORMICK, G.C. On the relationship between the degree of preferred orientation in precipitation and dual-polarization radar-echo characteristics. Radio Sci. 22(1): 37–50; 1987. CNRC 27725.
- HUNT, F.R. Electromagnetic susceptibility measurements with a TEM Cell. CNRC/ERB-992, juillet 1986. 19 pages. CNRC 26464.
- KASHYAP, S. Microwave thawing of frozen blood plasma. Proceedings of the 21st Microwave Power Symposium, Memphis (TN). 28–30 juillet 1986. pp. 99–100. CNRC 27726.
- KASHYAP, S. Shielding effectiveness measurements with a dual TEM cell and a split TEM cell. Proceedings of the 1986 IEEE International Symposium on EMC, San Diego (CA). 16–18 septembre 1986. pp. 262–264. CNRC 25525.
- KASHYAP, S., ET MISHRA, S.R. Characterization of antennas for EMC measurements. Proceedings of the 8th Annual Symposium of Antenna Measurement Techniques Association, Ottawa (Ont.). 23–25 septembre 1986. pp. 213–219. CNRC 26048.
- KASHYAP, S., ET STONE, S.A. Use of TEM cells and absorber-lined chambers in EMC measurements. Proceedings of Electronicom 85, Toronto (Ont.). Octobre 1985. Vol. 1, pp. 136–139. CNRC 25743.
- KASHYAP, S., ET STONE, S.A. Correction factor for relating measurements made in absorber-lined chamber for measurements made at an open-field site. Proceedings of the 1986 IEEE International Symposium on EMC, San Diego (CA). 16–18 septembre 1986. pp. 362–365. CNRC 25526.
- KASHYAP, S., ET WYSLOUZIL, W. Single sided microwave applicator for sealing cartons. J. Microwave Power, 20(4): 267–272; 1985. CNRC 25444.
- KASHYAP, S., ET WYSLOUZIL, W. New inductive applicators for electromagnetic hyperthermia. J. Microwave Power Electromag. Energy, 22(1): 13–18; 1987. CNRC 27429.
- KISHK, A.A., ANTAR, Y.M.M., SHAFAI, L., ET ALLAN, L.E. Electromagnetic scattering from dielectric bodies of revolution: Theoretical and experimental results. Proceedings of the Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics (ANTEM), Winnipeg (Man.). 13–14 août 1986. Chapitre II, pp. 1–7. CNRC 25718.
- SHIH, L.Y. Self-focusing of laser beams in a non-circular fiber. Wave Motion, 8(4): 341–348; 1986. CNRC 25548.
- WYSLOUZIL, W., ET KASHYAP, S. Heating patterns for an array of 915 MHz rectangular waveguide applicators. Proceedings of 21st Annual Symposium on Microwave Power, Memphis (TN). 28–30 juillet 1986. pp. 101–102. CNRC 27727.

Présentés

- ALLAN, L.E., ET ANTAR, Y.M.M. Radar backscatter measurements on some vegetation samples. 1986 National Radio Science Meeting, URSI, Philadelphia (PA). 8–13 juin 1986.
- ANTAR, Y.M.M. Radar polarization studies of precipitation and backscattering characteristics of single targets. Séminaire, Département de génie électrique, Université de Waterloo, Waterloo (Ont.). 27 juin 1986.

- ANTAR, Y.M.M. Application of polarization radar techniques to atmospheric precipitation studies. Département de météorologie, Université McGill, Montréal (Qué.). 28 novembre 1986.
- BALABERDA, R., ET MISHRA, S.R. Improved time domain gating technique for antenna measurements. 1986 IEEE AP-S International Symposium and URSI Radio Science Meeting, Philadelphia (PA). 9–13 juin 1986.
- GERIG, L.H., HAUDEROWICZ, Z., DANJOUX, C.E., MORTIMER, A., ET KASHYAP, S. Thermal mapping in vivo and in vitro for microwave induced hyperthermia. 34th Meeting of Radiation Research Society, Las Vegas (CA). 12–17 avril 1986.
- WYSLOUZIL, W. Tutorial on fundamentals of microwave heating. Alcan Kingston Laboratories, Kingston (Ont.). 11 septembre 1986.
- WYSLOUZIL, W. Leçon de précepteur et démonstration au «Workshop on microwave applications in the food and beverage industry.» Ontario Hydro Research Division, Toronto (Ont.). 4 décembre 1986.

Brevet

- AYER, J. Voltage controlled current switch with short circuit protection. Brevet Can. 1,205,133. 27 mai 1986.

ÉNERGIE

Chef de section — R.J. Densley

■ Introduction

La Section d'énergie est constituée de quatre groupes : Mesures de précision, Diélectriques, Mesures de tensions de choc et Technologie des plasmas. Chaque groupe s'occupe d'un aspect particulier de l'industrie de l'énergie électrique et a donc des objectifs légèrement différents.

L'objectif du groupe des mesures de précision est de prévoir les besoins relatifs aux mesures électriques de l'industrie canadienne et d'y répondre en développant de nouveaux appareils et techniques de mesure améliorés. Les domaines à l'étude sont les mesures de puissance (y compris les formes d'onde déformées), les références de tension dans le but d'améliorer la précision des mesures de tensions ca par rapport à une pile étalon, l'étalonnage de divers types d'appareils tels transformateurs de mesure et wattmètres, et les effets de courants non sinusoïdaux sur les réseaux électriques. Ce groupe, qui existe depuis plus de 25 ans, a un dossier impressionnant et son chef, W.J.M. Moore, vient de recevoir le prix Morris E. Leeds 1987 de l'IEEE pour sa contribution hors ligne aux comparateurs de courant de précision et à leur utilisation en mesure industrielle.

L'objectif du groupe des diélectriques est de déterminer les mécanismes de la détérioration à long terme d'isolants électriques soumis à de fortes contraintes électriques et de développer à partir de ces études de base des essais de vieillissement accéléré qui soient acceptables pour utilisation dans l'industrie. Le problème de ces essais est que les diverses contraintes de l'isolant contribuent synergiquement aux processus de vieillissement de sorte que le vieillissement en laboratoire n'est pas représentatif du vieillissement en service, à moins que les paramètres d'essai ne soient choisis avec soin. La nature de la détérioration dépend du matériau et du milieu dans lequel il est utilisé. Ainsi, l'étude a montré que les mécanismes de vieillissement de câbles HT isolés de polymères sont très différents selon que les câbles sont utilisés en milieu sec ou en milieu humide.

L'objectif du groupe des mesures de tensions de choc est d'avancer l'état actuel de la technique des mesures de chocs HT utiles à l'industrie afin de contribuer à des normes nationales et internationales et de rendre service à l'industrie. Ces dix dernières années, ce groupe a utilisé des techniques numériques pour améliorer la mesure de tensions de choc ordinaires utilisées dans l'industrie de l'énergie électrique et pour mettre à jour les normes pertinentes de la CEI et de l'ACNOR. En outre, ces cinq dernières années, une étude des impulsions ultra-rapides a mené au développement de capteurs de champs magnétiques et électriques à large bande avec un temps de réponse de moins de 500 ps, de sorte qu'ils conviennent aux mesures d'impulsions électromagnétiques de foudre (LEMP) et d'impulsions électromagnétiques d'origine nucléaire (NEMP). Cette étude a aussi développé avec succès des modèles numériques pour les LEMP, les NEMP et des alimentations non linéaires de lasers. L'année prochaine, les travaux portant sur les impulsions ultra-rapides comprendront les parasites électromagnétiques (EMI) et la compatibilité électromagnétique (EMC).

L'objectif du groupe de la technologie des plasmas est de rester à la hauteur des derniers développements en technologie des plasmas et de fournir à l'industrie menant des programmes de recherche dans ce domaine de l'information non biaisée.

■ Mesures de puissance et d'énergie

■ W.J.M. Moore – E. So – R. Arseneau – P.S. Filipski – P.N. Miljanic[1] – L.S. Czarnecki[2] – B. Cassidy – J. Zelle – L. Sabourin – D. Rocheleau – D. Angelo – D. Bennett

Nous continuons d'apporter des améliorations au fonctionnement du pont de mesure de puissance et

[1]Adjoint temporaire de l'Institut Mihailo Pupin, Belgrade, Yougoslavie, de juin 1986 à février 1987.
[2]Agent de recherche visiteur de la Politechnika Slaska, Gliwice, Pologne, d'octobre 1984 à septembre 1986.

d'augmenter sa capacité. Un nouvel amplificateur de conductance de transfert faisant appel à des techniques de comparateur de courant est en cours de développement. Nous avons conçu un nouveau générateur numérique d'impulsions, qui est maintenant à l'étape d'essai.

Nous avons terminé l'étalonnage d'un circuit d'essai monophasé non sinusoïdal. Nous avons rédigé un logiciel pour permettre l'utilisation de ce circuit pour l'étalonnage automatique de conditions d'essais sinusoïdales.

Nous avons terminé une étude de la précision, dans des conditions non sinusoïdales, de transducteurs de puissance active à répartition dans le temps, utilisés couramment par les compagnies d'électricité. Cette étude a montré que, dans certaines situations non sinusoïdales, des transducteurs optimisés pour des conditions sinusoïdales peuvent présenter des erreurs grandes et imprévisibles.

Nous avons commencé les travaux pour augmenter la bande de fréquence d'un wattmètre étalon à répartition dans le temps.

Nous avons développé un nouveau circuit d'essai triphasé de compteurs d'électricité capable de produire des tensions et courants non sinusoïdaux. Ce circuit se compose de six générateurs de signaux de formes d'onde arbitraires commandés par ordinateur, de trois amplificateurs de tension, de trois amplificateurs de courant et de trois wattmètres à répartition dans le temps.

Des essais préliminaires avec des formes d'onde déformées ont révélé des erreurs de moins de 2 % dans le cas des compteurs d'énergie. Par contre, des erreurs jusqu'à −35 % ont été observées lors d'essais d'indicateurs de maximum (kVA), ce qui met en cause l'utilité de ces appareils en tant que compteurs d'électricité. Certains compteurs d'électricité essayés au moyen du circuit triphasé sont représentés à la figure 1. Le programme d'évaluation des compteurs d'électricité se poursuit en coopération avec des compagnies canadiennes d'électricité.

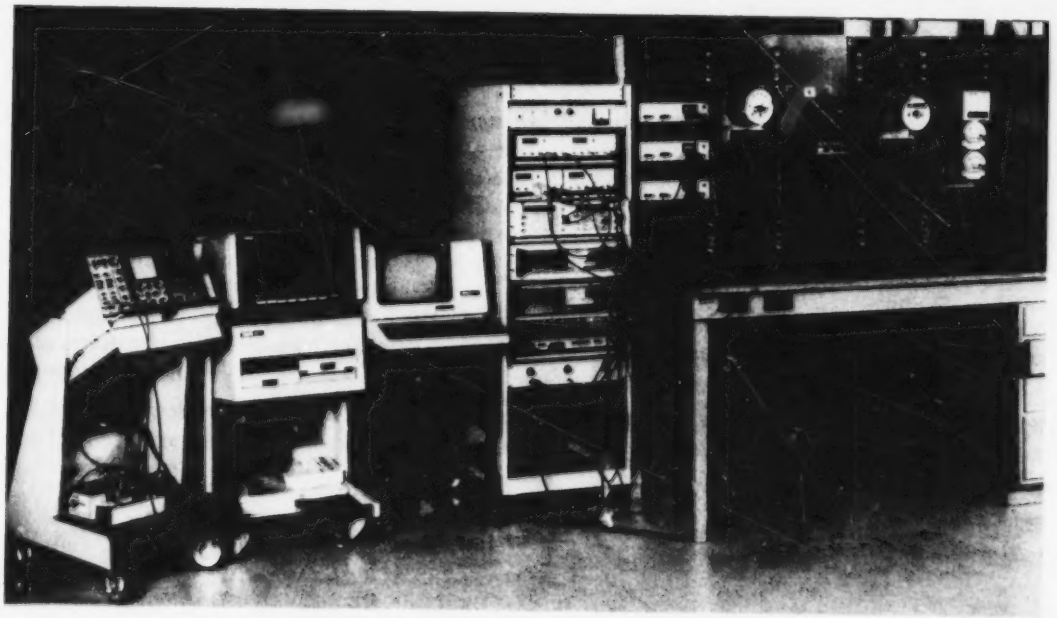


Figure 1 Circuit d'essai triphasé de compteurs d'électricité.

Transformateur de courant à circuit électronique

Nous avons développé un nouveau transformateur de courant à circuit électronique et nous sommes en train d'en construire quatre qui seront essayés par une compagnie d'électricité.

Convertisseur numérique/analogique de multiplication à 25 bits

Un convertisseur numérique/analogique de multiplication (MDAC) à 25 bits est en cours de développement pour augmenter la précision du générateur étalon de tension à comparateur de courant commandé par microprocesseur. Le MDAC à 25 bits est une version améliorée du convertisseur numérique/analogique à comparateur de courant à 20 bits.

Étalon de pertes dues à la charge

Un étalon de pertes dues à la charge faisant appel à une technique à comparateur de courant avec réglage du facteur de dissipation (tan δ) à lecture directe pour l'étalonnage sur place de circuits de mesure des pertes de transformateur/inductance shunt est en voie de développement. L'étalon de pertes dues à la charge est alimenté par la tension d'essai à travers un condensateur de référence HT à diélectrique à gaz comprimé à faible perte et simule une charge inductive à des intensités jusqu'à 1000 A.

Étalonnages

En 1986, le Groupe a publié quinze rapports d'essai et d'étalonnage.

■ Diélectriques

■ A. Bulinski – S. Bamji – J. Densley – P. Robert – T. Grünwald

L'étude de divers aspects des processus de détérioration dans des polymères utilisés comme isolants de câbles HT en milieu humide ou sec se poursuit.

Milieu humide

Les études de câbles vieillis en service et des échantillons de laboratoire essayés en milieu humide se sont concentrées sur l'effet de la stabilité à l'oxydation du polymère sur sa résistance à la formation d'arborescences aqueuses. Ces études ont fait appel à l'analyse calorimétrique à compensation de puissance (DSC), à la spectroscopie à l'infrarouge avec transformation de Fourier (FTIR) et aux mesures d'absorption de la lumière uv. Les premiers résultats ont montré que les mesures de la stabilité à l'oxydation n'étaient pas fidèles et que les facteurs critiques déterminant la fidélité des mesures étaient la configuration et la préparation des spécimens. Nous avons développé une technique d'essai qui élimine cette erreur introduite par l'expérience en utilisant des spécimens de masse beaucoup plus faible (de pas plus de 0,3 mg) que celle suggérée dans la documentation scientifique, ce qui permet effectivement le sondage d'arborescences aqueuses uniques. Nous espérons que ces mesures révéleront pourquoi, parmi les nombreuses arborescences aqueuses observées dans un isolant de câble, un petit nombre seulement causent le claquage et quelles sont les conditions qui précèdent l'amorçage du processus de claquage à proximité d'une arborescence aqueuse particulière.

Des études faites en laboratoire de l'effet du vieillissement thermique sur des bouts de câble HT dans différentes solutions ioniques indiquent que les ions réagissent avec l'antioxydant de l'isolant. Les produits de ces réactions sont probablement solubles dans l'eau, et l'ensemble du processus entraîne la déplétion de l'antioxydant. L'utilisation de désactivateurs métalliques devrait ralentir ou même arrêter ce processus. Les premiers résultats obtenus d'un désactivateur métallique sont prometteurs.

Si un isolant de câble est soumis au vieillissement thermique avant le vieillissement électrique, la croissance d'arborescences aqueuses augmente considérablement, ce qui confirme le fait que la stabilité initiale à l'oxydation du polymère influe sur sa résistance à la formation d'arborescences aqueuses. Ce problème sera étudié de façon plus détaillée dans le cadre d'un projet commun avec l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ).

Nous avons effectué des essais de vieillissement accéléré en courant alternatif sur les mêmes câbles vieillis en service et soumis l'année passée à des essais de tenue aux chocs. Les essais ca ont montré que le claquage se produit toujours à la suite d'une arborescence électrique, formée soit à la surface du câble, soit au périmètre de l'arborescence aqueuse. Dans le cas des tensions de choc, l'arborescence électrique se formait toujours à la surface du câble. Une fois qu'elle atteint l'arborescence aqueuse, sa croissance ultérieure est limitée par la région des arborescences aqueuses. Ce processus, illustré à la figure 2, ressemble de près au type de claquage observé dans le cas des tensions de choc. Ces résultats, combinés à ceux des essais des tensions de choc, indiquent qu'une meilleure protection des câbles HT souterrains contre la foudre prolongera la durée de vie des câbles.

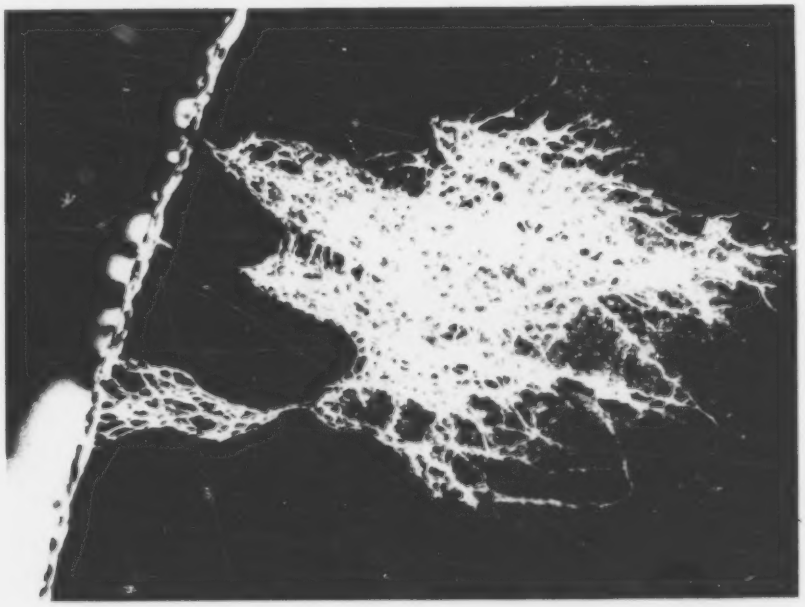


Figure 2 Claquage en courant alternatif d'un câble présentant une arborescence aqueuse : V_{BD} = 14,8 kV, t_{BD} = 59 s.

Milieu sec

L'étude de la lumière émise au stade initial de la formation d'arborescences électriques dans l'isolant de câbles HT a révélé que cette lumière n'est pas causée par des décharges partielles dans les micro-lacunes mais qu'il s'agit d'électroluminescence due à l'injection de charges dans le polymère. On a constaté que l'amplitude et le spectre de la lumière émise diffèrent de ceux de la lumière produite par les décharges partielles. De plus, le rapport de phase entre les impulsions électroluminescentes et la forme d'onde de la haute tension ca était différent de celui de la lumière des décharges partielles. Du polyéthylène de faible masse

spécifique soumis à des tensions inférieures au seuil d'émission de lumière ne se détériorait pas après avoir subi des contraintes pendant de longues périodes, ce qui suggère que c'est la tension de seuil d'émission de lumière et non la tension de seuil de décharge partielle qui est la tension de seuil de détérioration du polymère.

Une analyse du spectre de la lumière émise aux points de fortes contraintes a révélé que cette lumière se trouve dans la gamme de lumière visible près de l'ultraviolet. La lumière visible n'est pas nuisible à l'isolant, mais la lumière ultraviolette risque de causer la détérioration du polymère. Il a été démontré que l'adjonction d'un stabilisateur uv au polymère de qualité pour câbles, qui contient une quantité résiduelle d'oxygène, prolonge le temps avant la formation d'arborescences d'une valeur presque égale au double de la valeur initiale. L'évaluation du rôle de divers stabilisateurs comme des absorbeurs, des saturateurs et des fixateurs de radicaux est en cours.

■ Recherches sur les circuits de mesure de choc à haute tension

■ T.R. McComb

Recherches internationales sur les circuits de mesure de choc à haute tension

Les travaux dans ce domaine ont été assignés au groupe de travail 33.03 du CIGRE. Ce groupe de travail (dont T.R. McComb est le convocateur) sur les paramètres de réponse continue l'analyse des données recueillies au stade précédent de ces travaux et a fait des recommandations au groupe de travail 7 du comité technique 42 de la CEI pour incorporation dans la publication 60-3 de la CEI, *Techniques des essais à haute tension. Partie 3, Techniques de mesure*. Nous avons commencé des travaux pour établir une norme de transfert appropriée pour les mesures de chocs à haute tension avec des contributions du CNRC, du National Physical Laboratory et du Central Electricity Research Laboratory du Royaume-Uni et du Physikalisch-Technische Bundesanstalt d'Allemagne de l'Ouest.

Utilisation de matériel numérique dans les laboratoires de haute tension

Le projet de coopération de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ), de Ontario Hydro et du CNRC se poursuit. Les travaux se sont concentrés au cours de l'année passée sur le développement de techniques d'étalonnage qui aident l'utilisateur à exploiter les avantages d'enregistreurs numériques. Nous avons poursuivi les travaux d'évaluation de la compatibilité électromagnétique des numériseurs en présence de chocs HT.

Normes

Les travaux de révision de la publication 60 de la CEI, *Techniques des essais à haute tension*, se poursuivent grâce à la participation du CNRC au groupe de travail 7, Révision des publications 60-3 et 60-4 de la CEI et au groupe de travail 8, Enregistreurs numériques. Nous avons préparé une révision exhaustive de la publication 60-3 de la CEI, qui sera présentée au comité technique 42 de la CEI en octobre 1987, en même temps qu'un projet de norme sur les enregistreurs numériques.

Nous participons aux travaux du comité de l'IEEE sur les techniques numériques dans les mesures électriques (il s'agit en fait d'un sous-comité du comité chargé de l'étude des techniques et appareils de mesure pour systèmes d'alimentation) et aux travaux du comité de l'IEEE sur la mesure et l'analyse des formes d'onde. Des études sur la performance dynamique d'enregistreurs numériques de forme d'onde sont en cours.

Le Conseil national de recherches Canada a aussi participé à la révision de la norme canadienne B72-1960, «*Code for the Installation of Lightning Rods*». La norme révisée est en cours de publication.

Aide à l'industrie

À la demande de l'industrie, nous avons donné des conseils sur la réduction des parasites électromagnétiques dans divers systèmes prototypes et sur la protection contre la foudre.

Recherche sur la foudre

Le Conseil national de recherches Canada participe à un projet de l'Association canadienne de l'électricité portant sur la mesure des densités de coups de foudre au sol au Canada.

■ Impulsions ultra-rapides

■ A.S. PODGORSKI – J. DUNN

Au cours de l'année passée, nous avons développé des capacités uniques dans le domaine de la modélisation et de la mesure des impulsions électromagnétiques. Ces nouvelles capacités nous permettent de mieux comprendre les phénomènes des impulsions électromagnétiques et leurs effets sur le matériel électronique et électrique. Cela devrait faciliter le développement de meilleures méthodes économiques de conception de systèmes électroniques et à haute tension et d'une meilleure protection contre les impulsions électromagnétiques.

Impulsions électromagnétiques de foudre

Nos connaissances actuelles du brouillage par la foudre sont basées tant sur des mesures du courant de foudre effectuées sur des tours de grande hauteur et dans des avions en vol que sur des mesures des champs de rayonnement électromagnétique engendrés par la foudre. Lorsque les données de chacune de ces sources sont utilisées pour évaluer les paramètres du courant de foudre, comme le courant de crête, la vitesse maximale de montée ou l'intégrale de l'impulsion, chaque paramètre varie sur une plage étendue. Des recherches commencées en 1984 ont abouti à la formulation d'un ensemble de paramètres décrivant la foudre mesurée sur des tours et dans des avions et définis par des mesures de champs électromagnétiques engendrés par le courant de foudre. Le nouveau ensemble de paramètres a été obtenu des mesures du courant de foudre effectuées sur la Tour du CN à Toronto et a été corrigé pour la présence de la tour, qui mesure 553 m.

Les mesures du courant de foudre ont été effectuées au moyen d'un nouveau circuit de mesure mis au point au CNRC et comprenant une bobine de Rogowski modifiée (voir la figure 3), une liaison analogique par fibres optiques, un numériseur d'onde et un micro-ordinateur pour la commande et le stockage de données. Le temps de réponse total de $\leq$50 ns a été réalisé dans un circuit présentant une incertitude systématique totale de 40 parties sur 1000.

La modélisation de la foudre est une tâche difficile à cause de la forte variation des phénomènes physiques de la foudre. Les dimensions linéaires du système orageux constitué de nuages, du canal de l'éclair et de l'ionosphère inférieure éventuelle sont de l'ordre de plusieurs dizaines de kilomètres alors que la modélisation quantitative de l'effet couronne nécessite la description d'événements microscopiques. Nous avons proposé un nouveau modèle tridimensionnel de la foudre dans le domaine temporel; ce modèle incorpore la géométrie tridimensionnelle réelle de la foudre et est basé sur une solution numérique des équations générales de Maxwell. Le modèle proposé représente une grande amélioration par rapport aux modèles précédents basés sur des approximations pour lignes de transport. Le nouveau modèle permet la modélisation des embranchements et des prolongements du canal et stimule les effets non linéaires pendant le processus de fixation. La vérification du modèle proposé a révélé un bon rapport entre les formes d'onde mesurées et calculées du courant. Des détails comme le temps de montée, les effets du processus de fixation, la réflexion par le sol, la longueur du canal de l'éclair et la hauteur de la région de fixation sont tous prédits correctement par le modèle.

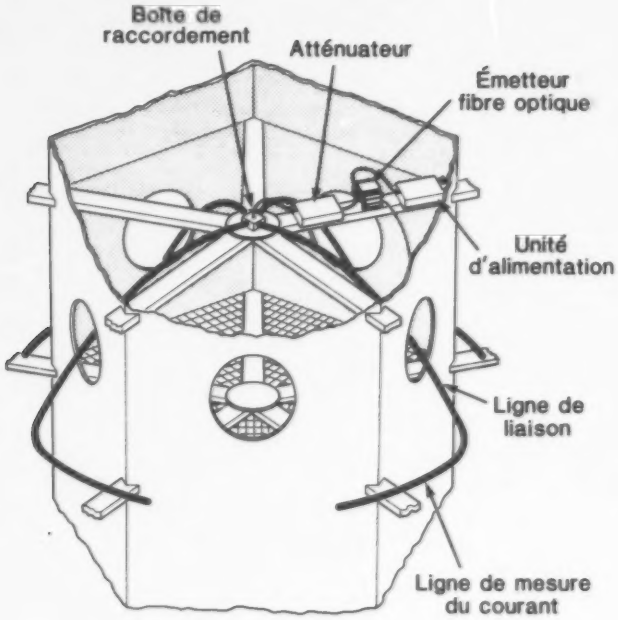


Figure 3 Installation de mesure du courant de foudre sur la Tour du CN à Toronto.

Protection contre les impulsions électromagnétiques

Nous avons développé des capacités de calcul permettant d'évaluer au moyen d'un modèle tridimensionnel dans le domaine temporel le brouillage par des impulsions électromagnétiques de foudre et d'origine nucléaire de tout un système de communication constitué d'une antenne, d'une descente d'antenne, d'un circuit de protection et d'un filtre d'entrée. Ces nouvelles capacités de calcul seront utiles pour la conception de moyens de protection contre les impulsions électromagnétiques et pour l'évaluation de la probabilité de défaillance avant d'effectuer un essai de brouillage complet par impulsions électromagnétiques.

Mesures d'impulsions électromagnétiques

Au cours de l'année passée, nous avons apporté des améliorations considérables aux circuits de mesure d'impulsions électromagnétiques. La fréquence maximale des capteurs de champs magnétiques et électriques à large bande a été portée de 300 MHz à 3,5 GHz. Conjointement avec la Section de photonique et capteurs de la Division de génie électrique et le Laboratoire des sciences des microstructures de la Division de physique, nous avons développé un interféromètre Mach–Zehnder à ondes progressives de 10 GHz. On s'attend à ce que les améliorations futures portent la fréquence maximale des capteurs de champs électriques et magnétiques à une valeur supérieure à 6 GHz. Cela devrait réduire le temps de réponse des circuits de mesure à moins de 100 ps.

MÉMOIRES RÉCENTS — ÉNERGIE

Publiés

- ARSENEAU, R., ET ZELLE, J. A ppm accuracy instrument for ac voltage measurements. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg (MD). 23–27 juin 1986. pp. 228–229. CNRC 27441.
- BAMJI, S.S., BULINSKI, A.T., ET DENSLEY, R.J. The role of polymer interface during tree initiation in LDPE. IEEE Trans. Electr. Insul. EI-21(4): 639–644; 1986. CNRC 26476.
- BAMJI, S., BULINSKI, A., ET DENSLEY, J. Near UV emission during electrical tree initiation in LDPE. Proceedings of the 1986 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Claymont (DE). 2–6 novembre 1986. pp. 391–397. CNRC 27442.
- BAMJI, S.S., BULINSKI, A.T., ET DENSLEY, R.J. Evidence of near-ultraviolet emission during electrical-tree initiation in polyethylene. J. Appl. Phys. 61(2): 694–699; 1987. CNRC 26916.
- BROWN, W.G. Basic theory and economics of 3-phase AC plasma reactors. Proceedings of the International Conference on Plasma Science and Technology, Beijing, Chine. 4–7 juin 1986. pp. 266-272. CNRC 27443.
- BULINSKI, A.T., BAMJI, S.S., ET DENSLEY, R.J. The effects of frequency and temperature on water tree degradation of miniature XLRE cables. IEEE Trans. Electr. Insul. EI-21(4): 645–650; 1986. CNRC 26477.
- FILIPSKI, P. System for testing wattmeters under nonsinusoidal conditions. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg (MD). 23–27 juin 1986. pp. 21–22. CNRC 27444.
- FILIPSKI, P. The systematic errors of a time-division power converter under sinusoidal and nonsinusoidal conditions. IEEE Trans. Power Delivery, PWRD-1(3); 61–67; 1986. CNRC 26985.
- FILIPSKI, P. Discussion on "A new static VAR compensator for an arc furnace," by M.D. Cox and A. Mirbod. IEEE Trans. Power Syst. PWRS-1(3): 120; 1986. CNRC 27805.
- GARTON, A., BAMJI, S.S., BULINSKI, A.T., ET DENSLEY, R.J. Oxidation and water treeing in XLPE cable insulation. Proceedings of the 1986 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Claymont, DE. November 2–6, 1986. pp. 404–410. CNRC 27450.
- GARTON, A., MCLEAN, P.D., WIEBE, W., ET DENSLEY, R.J. Exposure of cross-linked epoxy resins to the space environment. J. Appl. Polym. Sci. 32: 3941–3957; 1986. CNRC 25966.
- KOTHE, R., BAMJI, S., BULINSKI, A., ET DENSLEY, J. Impulse life tests on field aged XLPE cables containing water trees. Proceedings of the 1986 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Washington (DC). 9–11 juin 1986. pp. 37–40. CNRC 27445.
- KUFFEL, J., MCCOMB, T.R., ET MALEWSKI, R. Comparative evaluation of computer methods for calculating the best fit sinusoidal to the digital record of a high purity sine wave. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg (MD). 23–27 juin 1986. pp. 252–253. CNRC 27448.
- LANDHEER, D., PODGORSKI, A., CHROSTOWSKI, J., ET BUCHANAN, M. Integrated electro-optic modulator for ultra-high-frequency electric field sensing. Proceedings of the SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Science and Engineering, Quebec (P.Q.). 2–6 juin 1986. CNRC 26543.
- PODGORSKI, A.S., ET LANDT, J.A. Three dimensional time domain modelling of lightning. IEEE Trans. Power Appar. Syst. Sous presse.
- PODGORSKI, A.S., ET PODGORSKI, E.M. Lightning and EMP protection at HF and VHF antennas: numerical simulation. 1986 International Telecommunications Energy Conference, Toronto (Ont.). 19–22 octobre 1986. pp. 433–436.
- SO, E. The application of the current comparator in instrumentation for high voltage power measurements of very low power factors. IEEE Trans. Power Delivery, PWRD-1(1): 98–104, 1986. CNRC 25493.

- ☐ So, E. A microprocessor-controlled current-comparator-based dc voltage calibrator. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg (MD). 23–27 juin 1986. p. 314. CNRC 27448.

Présentés

- ☐ Bamji, S., Bulinski, A., Densley, J., et Kothe, R. Impulse breakdown of XLPE cable insulation containing water trees. 24th Annual Cage Club Meeting, IREQ, Varennes (Qué.). 12–13 mai 1986.
- ☐ Bamji, S., Bulinski, A., et Densley, J. Electrical tree inception tests using needle-plane electrodes — the effect of sample preparation. Meeting of the CIGRE Working Group on Solid Dielectrics, Paris (France). 1er septembre 1986. (Présenté par H. St.-Onge, IREQ.)
- ☐ Bulinski, A. Effect of water treeing on cable BIL and lightning protection. Workshop on Lightning Protection of Underground Cables, University of Connecticut, Storrs (CT). 3–4 décembre 1986. (Invité.)
- ☐ Bulinski, A. Effect of water treeing on cable BIL and lightning protection. Workshop on Lightning Protection of Underground Cables, University of Connecticut, Storrs (CT). 3–4 décembre 1986. (Invité.)
- ☐ Densley, R.J. Recent experiments in water treeing. 1986 Gordon Conference on Dielectrics, Plymouth (NH). 28 juillet – 1er août, 1986. (Invité.)
- ☐ Podgorski, A.S. Instrumentation for measurements of lightning CN Tower interaction. 23rd Annual Cage Club Meeting. Royal Military College, Kingston (Ont.). 27–28 mai 1985.
- ☐ Podgorski, A.S. Three dimensional time domain modelling of lightning. 24th Annual Cage Club Meeting, IREQ, Varennes (Qué.). 12–13 mai 1986. (Invité).
- ☐ Podgorski, A.S. Modelling of lightning structure interaction. 1986 International Aerospace and Sound Conference on Lightning and Static Electricity, Dayton (OH). 24–26 juin 1986.
- ☐ Podgorski, A.S. Lightning and NEMP protection. TLG-3 Symposium on EMP effects, London (Angleterre). 20–22 octobre 1986.

LABORATOIRE DES SYSTÈMES INTELLIGENTS

Chef de laboratoire — M.M.C. Collins

AUTOMATIQUE

Chef de section — N. Burtnyk

■ Introduction

Les activités de recherche de la Section d'automatique sont axées sur notre objectif à long terme, c'est-à-dire le développement de systèmes autonomes pour les activités de pointe en automatisation. Nos travaux s'effectuent dans trois secteurs complémentaires : les architectures de multiprocesseurs pour les calculs en temps réel, le matériel robotique à capteurs et la vision par ordinateur.

Les travaux décrits dans le précédent numéro du *Bulletin de la Division de génie électrique* (Vol. 2, nº 6), en particulier en ce qui a trait au soutien du terminal de simulation en robotique, sont terminés ou ont été modifiés de manière à soutenir plus directement les travaux portant sur la robotique et sur les architectures de calcul.

Les travaux sur les architectures de multiprocesseurs en temps réel portent surtout sur le développement et l'application du système d'exploitation Harmony. Récemment, on a entrepris des travaux importants visant l'implantation d'un environnement de développement amélioré fondé sur des postes de travail Macintosh.

Les travaux de laboratoire sur le matériel robotique à capteurs ont utilisé le robot PUMA 560 pour les démonstrations de notre scanner de profil tridimensionnel et d'un poignet sensible à la force pour la préhension et l'insertion de pièces. Un système de calcul pour la détection et la commande entièrement intégré, fondé sur Harmony/Chorus est présentement en cours de réalisation. Ce projet comprend des travaux sur la planification du trajet et sur la spécification des tâches de haut niveau.

Les travaux en vision par ordinateur portent surtout sur les procédés de traitement pour l'interprétation d'images de données de distance en vue de la reconnaissance d'objets tridimensionnels.

■ Architectures de multiprocesseurs pour la commande en temps réel

Le système d'exploitation Harmony

■ W.M. Gentleman – S.A. MacKay – R. Parr – D. Stewart – M. Wein

On a poursuivi les travaux sur Harmony, le système d'exploitation portable pour multiprocesseurs multitâches utilisés en temps réel. Notre rapport résume les travaux visant l'amélioration du système Harmony. D'autres articles du présent *Bulletin* traitent d'applications fondées sur Harmony. De plus, Harmony est à la base de plusieurs projets entrepris à l'Université de Waterloo et à l'Université Carleton. Harmony a été distribué à plus d'une douzaine d'utilisateurs industriels, qui en évaluent le potentiel en vue de nouveaux produits, ainsi qu'à un nombre égal de laboratoires universitaires, qui les utiliseront dans le cadre de leurs installations de recherche. Plusieurs produits industriels incorporent déjà le système Harmony.

Version 2.0 d'Harmony

La version 2.0 d'Harmony a été terminée en août 1986 et est à la disposition des utilisateurs externes. La version 2.0 incorpore, entre autres, les caractéristiques suivantes :

1. On a introduit un processus de documentation sur la maintenance du logiciel, qui consigne les modernisations et les problèmes.

2. Une série de notes d'application a été implantée, de manière à fournir des informations relatives à des sujets pertinents pour les programmateurs d'Harmony. Parmi ces sujets, on compte «La mise au point des programmes Harmony» et «Qu'est-ce qu'un serveur?».
3. Le système a été modifié de manière à en permettre la mémorisation en ROM, c'est-à-dire que le système peut être dans la ROM tandis que les programmes d'applications d'utilisation occasionnelle pourraient être mémorisés au choix dans la ROM ou ailleurs. De plus, le système peut maintenant s'adapter à une gamme plus variée de serveurs.
4. Le système est maintenant entièrement compatible avec la gamme de processeurs Motorola, les 68000, 68010 et 68020, ce qui signifie que ces processeurs sont compatibles avec le système, avec le programme de mise au point et avec les outils «bound» et «examine».
5. Le programme de mise au point a été amélioré en profondeur. Ce programme sera encore amélioré dans les versions à venir.
6. Le principe du mécanisme de connexion a été révisé en profondeur de manière à éliminer certains problèmes fréquents, qui produisaient des impasses dans les serveurs rédigés par les utilisateurs, et afin de l'adapter à une gamme plus large de serveurs.
7. Nous avons incorporé à cette version un serveur TCP/IP Ethernet. Une version corrigée du serveur a été commercialisée par la suite et on peut l'obtenir sur demande.

Le manuel de l'utilisateur d'Harmony a été révisé et a été mis à la disposition des utilisateurs en avril 1987.

Environnement de développement

Nous avons entrepris le transfert de l'environnement de développement d'Harmony à un réseau de postes de travail Macintosh d'Apple (actuellement des Macintosh Plus en réseau Appletalk, avec logiciels de fichiers collectifs réalisés par des tiers). Cet environnement offre de nombreux avantages importants pour le développement de logiciels et la préparation de la documentation associée. Le développement du logiciel n'est plus fondé sur le texte et est maintenant fondé sur des graphiques, l'une des conséquences de la conversion au Macintosh. Une composante importante du nouveau système est l'existence d'un excellent éditeur de logiciel multifenêtre, qui permet de travailler sur un grand nombre de fichiers de programmes. On peut voir sur la figure 1 que toute fenêtre de fichier peut être rapidement agrandie à pleine largeur de l'écran aux fins de la mise en forme, être divisée pour le visionnement de deux sections du même fichier, puis être ramenée à sa petite icône sur l'écran.

La deuxième composante est la possibilité d'affichage du contenu de plusieurs répertoires sur l'écran (figure 2). Ces deux caractéristiques facilitent la manipulation d'un grand nombre de fichiers dans plusieurs répertoires, ce que nécessite souvent la rédaction d'applications Harmony. Ce poste de travail et ses logiciels sont relativement peu coûteux, un autre facteur qui milite en faveur du poste comme outil de développement des systèmes cibles Harmony.

Émulateur multipériphérique

Les systèmes industriels utilisés en temps réel nécessitent habituellement des pupitres d'opérateur complexes pour le traitement des données de commande et d'état. Les frais de développement de pupitres sont habituellement assez élevés et forment une part importante des coûts d'un projet typique.

Un progiciel d'émulateur multipériphérique a été développé afin de simplifier la conception et l'implantation des pupitres d'opérateur typiques grâce à la nature intégrée et graphique du Macintosh.

On a défini les classes suivantes de dispositifs : les fenêtres de texte; les formulaires, avec boutons poussoirs («radio»), des cases à cocher et des cases de texte et de chiffres (par exemple les valeurs de la fenêtre

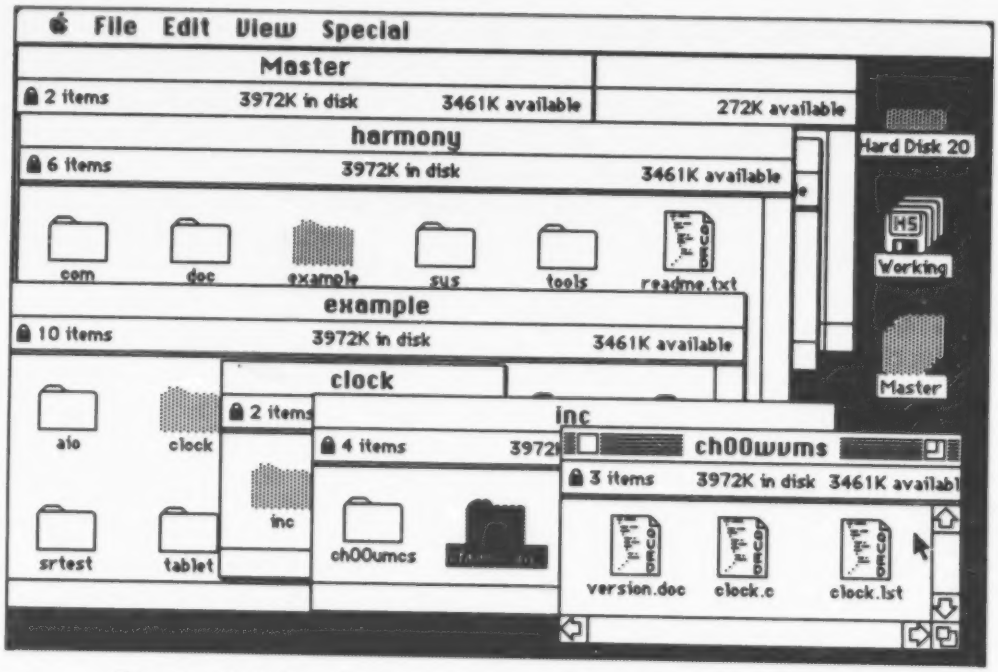


Figure 1 Partie de l'arbre de source Harmony, présenté sous forme de fenêtres se chevauchant.

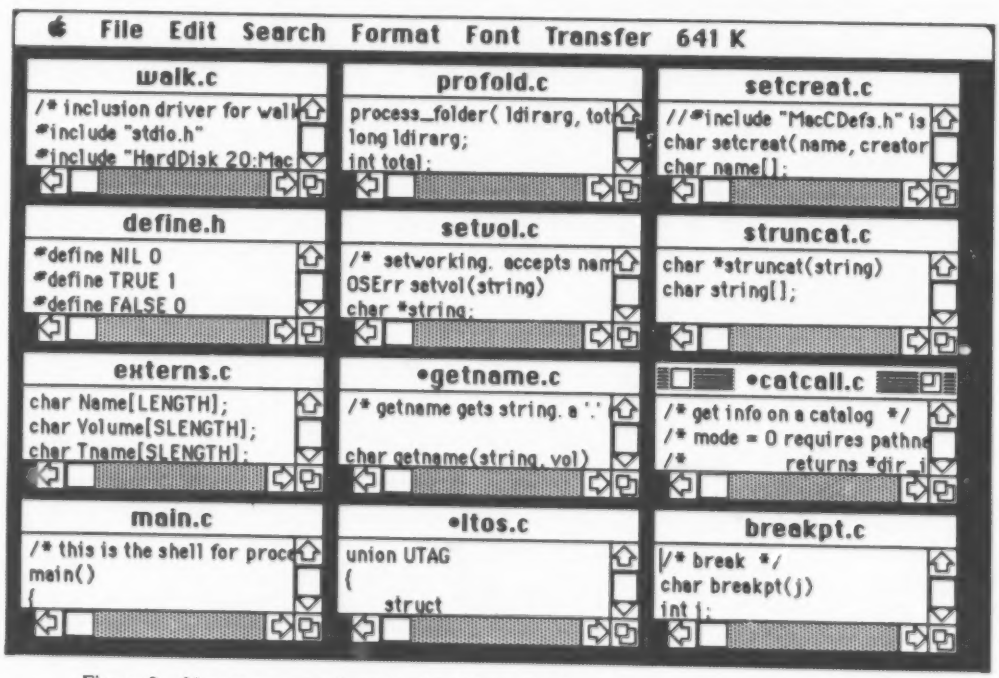


Figure 2 Un programme d'application à douze fichiers est en cours de mise en forme par l'éditeur multifenêtre QUED de Paragon Courseware Inc.

CONTROL sur la figure 3); ainsi que les panneaux formés de cadrans, d'indicateurs, de graphiques de dispersion, de diagrammes de barres, etc. Tous les dispositifs virtuels peuvent traiter les fonctions en entrée et en sortie. Un programme utilitaire distinct (semblable en gros au MacDraw de Apple) permet la conception interactive du plan du pupitre en vue d'une application spécifique.

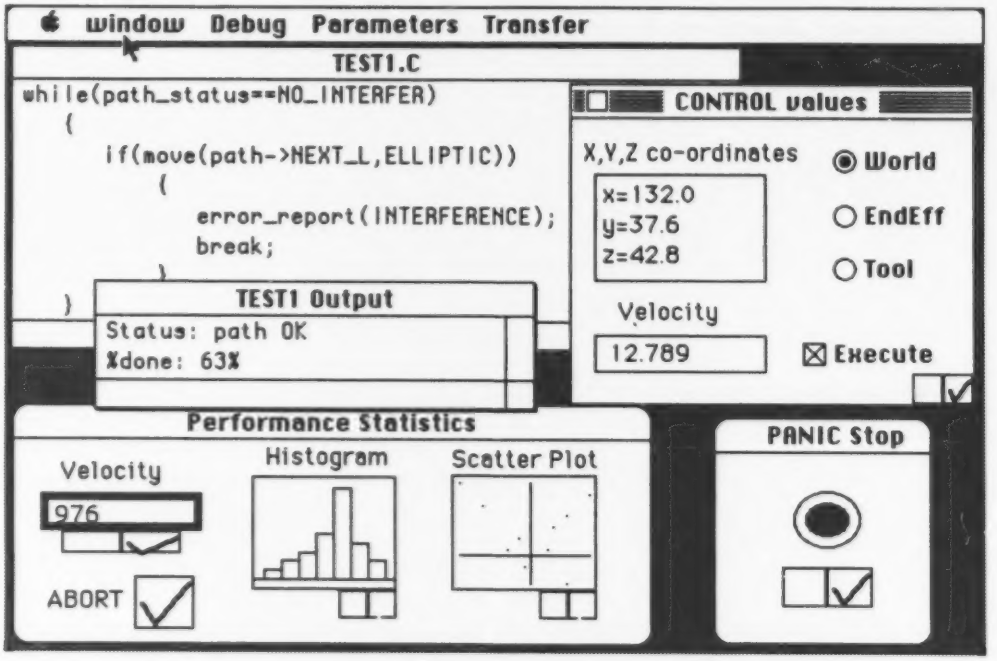


Figure 3 Émulateur multipériphérique servant d'affichage de commande et d'état.

Le Macintosh sur lequel tourne l'émulateur multipériphérique est relié au système Harmony via une ligne série. Un protocole orienté sur les paquets a été développé et permet l'entrelacement des communications pour toute apparition d'un périphérique virtuel sur l'écran. Chaque utilisation d'un périphérique est considérée comme un périphérique distinct par le système Harmony, de sorte qu'une tâche ouvre une connexion à un périphérique virtuel spécifique sur l'écran. Une application fondée sur Harmony ne nécessite pas de données sur la position ou sur les dimensions des diverses fenêtres de périphérique sur l'écran du Macintosh, ce qui constitue un avantage encore plus important.

La fonctionnalité de ce progiciel a été définie dans notre laboratoire et le code a été écrit par une entreprise d'informatique (Microstar Software Ltd.), dans le cadre d'un contrat accordé par le laboratoire. On teste présentement le progiciel afin d'éprouver les concepts de base et en vue d'éventuelles modernisations, améliorations de la performance ou de l'amélioration du système de correction des erreurs. Le serveur Harmony du MDE fera l'objet d'un article au début de l'année couverte par le prochain rapport.

Étude sur le bus VME

■ D.A. GREEN

Les produits disponibles sur le marché de la micro-informatique sont en constante évolution. L'évolution d'Harmony nous impose de rester au fait de ces nouveaux produits afin d'identifier la meilleure utilisation de ces produits pour l'amélioration de la performance de nos systèmes. À quelques exceptions près, les systèmes

utilisés dans notre laboratoire sont en place depuis 1983. Depuis, la technologie a connu des changements substantiels, parmi lesquels l'évolution de bus de systèmes de micro-ordinateurs plus performants, l'apparition de nouveaux processeurs beaucoup plus performants et l'apparition de puces de périphériques à plus grande fonctionnalité. Nous avons décidé de moderniser cette année nos machines «cibles» de manière à profiter de ces développements. Nous avons choisi des cartes de processeurs à bus VME comportant des processeurs 68010 ou 68020. Cette décision était basée sur la maturité, la diversité et la performance du produit, tandis que la sélection du processeur représente une évolution naturelle de notre base actuelle de logiciels.

Afin d'aborder ce problème le plus efficacement possible, nous avons élaboré la spécification fonctionnelle d'une carte de processeur et l'avons distribuée à 36 producteurs de ces produits en Amérique du Nord. Nous avons reçu plus de 20 réponses résultant de ces demandes et d'autres contacts directs. Nous avons rapidement constaté que malgré l'éventail relativement limité des cartes 68020, ces produits représentent une amélioration substantielle de la performance en regard d'une augmentation de coûts relativement faible par rapport aux cartes 68010 et nous avons donc décidé de concentrer nos travaux sur ces dispositifs.

L'implantation actuelle en mémoire partagée de Harmony impose un certain nombre de contraintes matérielles, que bien des fournisseurs n'ont pu satisfaire, parmi lesquelles les limites de la configuration d'adresse de la mémoire à deux portes, les limites de la configuration d'interruption et l'absence d'une méthode appropriée pour la production de signaux d'interruption interprocesseurs. Qui plus est, certaines cartes n'ont pu satisfaire aux conditions d'entrée/sortie nécessaires à nos applications. En dernière analyse, nous avons choisi une carte qui satisfait à toutes les conditions fonctionnelles essentielles mais dont les caractéristiques d'entrée/sortie sont très limitées. Nous espérons que l'éventail des cartes s'accroîtra avec la croissance rapide du marché VME.

Modernisation intérimaire du processeur 68020

■ D.A. GREEN – D. STEWART

Deux des machines Chorus actuelles fondées sur le processeur 68000 ont été équipées de processeurs 68020 et de coprocesseurs à point flottant 68881. Cette modernisation a été implantée au moyen de cartes secondaires commerciales conçues à cette fin. Les incompatibilités matérielles ont été identifiées et nous avons dû les surmonter lors de la conception de la carte secondaire et de la carte de processeur originale. Cette modernisation nous a permis d'acquérir une certaine expérience avec le nouveau processeur avant la commercialisation de masse des cartes 68020.

L'introduction des nouveaux processeurs a entraîné la constitution et la refonte de bibliothèques afin de permettre la liaison avec un logiciel adapté à la configuration appropriée. Ces travaux ont confirmé que les installations de commande de configuration incorporées au processus de gestion du logiciel d'Harmony sont puissantes et commodes. Ce résultat est particulièrement valide dans l'éventualité de la multiplication des configurations possibles.

■ Infographie

Poste de travail de planification des tâches robotisées

■ D.A. GREEN – S.A. MACKAY – M. WEIN

Le projet visant le développement d'un poste de travail de planification des tâches robotisées a été complété pendant la période qui fait l'objet du présent rapport. Le présent sommaire décrit les objectifs de départ ainsi que les réalisations.

Le développement du poste comportait cinq objectifs spécifiques :

1. le développement d'une interface machine–utilisateur riche, fondé sur le modèle multitâche, par une combinaison de fenêtres bidimensionnelles et tridimensionnelles;

MÉMOIRES RÉCENTS — ÉNERGIE

Publiés

- ☐ ARSENEAU, R., ET ZELLE, J. A ppm accuracy instrument for ac voltage measurements. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg (MD). 23–27 juin 1986. pp. 228–229. CNRC 27441.
- ☐ BAMJI, S.S., BULINSKI, A.T., ET DENSLEY, R.J. The role of polymer interface during tree initiation in LDPE. IEEE Trans. Electr. Insul. EI-21(4): 639–644; 1986. CNRC 26476.
- ☐ BAMJI, S., BULINSKI, A., ET DENSLEY, J. Near UV emission during electrical tree initiation in LDPE. Proceedings of the 1986 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Claymont (DE). 2–6 novembre 1986. pp. 391–397. CNRC 27442.
- ☐ BAMJI, S.S., BULINSKI, A.T., ET DENSLEY, R.J. Evidence of near-ultraviolet emission during electrical-tree initiation in polyethylene. J. Appl. Phys. 61(2): 694–699; 1987. CNRC 26916.
- ☐ BROWN, W.G. Basic theory and economics of 3-phase AC plasma reactors. Proceedings of the International Conference on Plasma Science and Technology, Beijing, Chine. 4–7 juin 1986. pp. 266-272. CNRC 27443.
- ☐ BULINSKI, A.T., BAMJI, S.S., ET DENSLEY, R.J. The effects of frequency and temperature on water tree degradation of miniature XLRE cables. IEEE Trans. Electr. Insul. EI-21(4): 645–650; 1986. CNRC 26477.
- ☐ FILIPSKI, P. System for testing wattmeters under nonsinusoidal conditions. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg (MD). 23–27 juin 1986. pp. 21–22. CNRC 27444.
- ☐ FILIPSKI, P. The systematic errors of a time-division power converter under sinusoidal and nonsinusoidal conditions. IEEE Trans. Power Delivery, PWRD-1(3); 61–67; 1986. CNRC 26985.
- ☐ FILIPSKI, P. Discussion on "A new static VAR compensator for an arc furnace," by M.D. Cox and A. Mirbod. IEEE Trans. Power Syst. PWRS-1(3): 120; 1986. CNRC 27805.
- ☐ GARTON, A., BAMJI, S.S., BULINSKI, A.T., ET DENSLEY, R.J. Oxidation and water treeing in XLPE cable insulation. Proceedings of the 1986 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Claymont, DE. November 2–6, 1986. pp. 404–410. CNRC 27450.
- ☐ GARTON, A., MCLEAN, P.D., WIEBE, W., ET DENSLEY, R.J. Exposure of cross-linked epoxy resins to the space environment. J. Appl. Polym. Sci. 32: 3941–3957; 1986. CNRC 25966.
- ☐ KOTHE, R., BAMJI, S., BULINSKI, A., ET DENSLEY, J. Impulse life tests on field aged XLPE cables containing water trees. Proceedings of the 1986 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Washington (DC). 9–11 juin 1986. pp. 37–40. CNRC 27445.
- ☐ KUFFEL, J., MCCOMB, T.R., ET MALEWSKI, R. Comparative evaluation of computer methods for calculating the best fit sinusoidal to the digital record of a high purity sine wave. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg (MD). 23–27 juin 1986. pp. 252–253. CNRC 27448.
- ☐ LANDHEER, D., PODGORSKI, A., CHROSTOWSKI, J., ET BUCHANAN, M. Integrated electro-optic modulator for ultra-high-frequency electric field sensing. Proceedings of the SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Science and Engineering, Quebec (P.Q.). 2–6 juin 1986. CNRC 26543.
- ☐ PODGORSKI, A.S., ET LANDT, J.A. Three dimensional time domain modelling of lightning. IEEE Trans. Power Appar. Syst. Sous presse.
- ☐ PODGORSKI, A.S., ET PODGORSKI, E.M. Lightning and EMP protection at HF and VHF antennas: numerical simulation. 1986 International Telecommunications Energy Conference, Toronto (Ont.). 19–22 octobre 1986. pp. 433–436.
- ☐ SO, E. The application of the current comparator in instrumentation for high voltage power measurements of very low power factors. IEEE Trans. Power Delivery, PWRD-1(1): 98–104, 1986. CNRC 25493.

- ☐ So, E. A microprocessor-controlled current-comparator-based dc voltage calibrator. Proceedings of the 1986 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 86 Digest), Gaithersburg (MD). 23–27 juin 1986. p. 314. CNRC 27448.

Présentés

- ☐ Bamji, S., Bulinski, A., Densley, J., et Kothe, R. Impulse breakdown of XLPE cable insulation containing water trees. 24th Annual Cage Club Meeting, IREQ, Varennes (Qué.). 12–13 mai 1986.
- ☐ Bamji, S., Bulinski, A., et Densley, J. Electrical tree inception tests using needle-plane electrodes — the effect of sample preparation. Meeting of the CIGRE Working Group on Solid Dielectrics, Paris (France). 1er septembre 1986. (Présenté par H. St.-Onge, IREQ.)
- ☐ Bulinski, A. Effect of water treeing on cable BIL and lightning protection. Workshop on Lightning Protection of Underground Cables, University of Connecticut, Storrs (CT). 3–4 décembre 1986. (Invité.)
- ☐ Bulinski, A. Effect of water treeing on cable BIL and lightning protection. Workshop on Lightning Protection of Underground Cables, University of Connecticut, Storrs (CT). 3–4 décembre 1986. (Invité.)
- ☐ Densley, R.J. Recent experiments in water treeing. 1986 Gordon Conference on Dielectrics, Plymouth (NH). 28 juillet – 1er août, 1986. (Invité.)
- ☐ Podgorski, A.S. Instrumentation for measurements of lightning CN Tower interaction. 23rd Annual Cage Club Meeting. Royal Military College, Kingston (Ont.). 27–28 mai 1985.
- ☐ Podgorski, A.S. Three dimensional time domain modelling of lightning. 24th Annual Cage Club Meeting, IREQ, Varennes (Qué.). 12–13 mai 1986. (Invité).
- ☐ Podgorski, A.S. Modelling of lightning structure interaction. 1986 International Aerospace and Sound Conference on Lightning and Static Electricity, Dayton (OH). 24–26 juin 1986.
- ☐ Podgorski, A.S. Lightning and NEMP protection. TLG-3 Symposium on EMP effects, London (Angleterre). 20–22 octobre 1986.

LABORATOIRE DES SYSTÈMES INTELLIGENTS

Chef de laboratoire — M.M.C. Collins

AUTOMATIQUE

Chef de section — N. Burtnyk

■ Introduction

Les activités de recherche de la Section d'automatique sont axées sur notre objectif à long terme, c'est-à-dire le développement de systèmes autonomes pour les activités de pointe en automatisation. Nos travaux s'effectuent dans trois secteurs complémentaires : les architectures de multiprocesseurs pour les calculs en temps réel, le matériel robotique à capteurs et la vision par ordinateur.

Les travaux décrits dans le précédent numéro du *Bulletin de la Division de génie électrique* (Vol. 2, nº 6), en particulier en ce qui a trait au soutien du terminal de simulation en robotique, sont terminés ou ont été modifiés de manière à soutenir plus directement les travaux portant sur la robotique et sur les architectures de calcul.

Les travaux sur les architectures de multiprocesseurs en temps réel portent surtout sur le développement et l'application du système d'exploitation Harmony. Récemment, on a entrepris des travaux importants visant l'implantation d'un environnement de développement amélioré fondé sur des postes de travail Macintosh.

Les travaux de laboratoire sur le matériel robotique à capteurs ont utilisé le robot PUMA 560 pour les démonstrations de notre scanner de profil tridimensionnel et d'un poignet sensible à la force pour la préhension et l'insertion de pièces. Un système de calcul pour la détection et la commande entièrement intégré, fondé sur Harmony/Chorus est présentement en cours de réalisation. Ce projet comprend des travaux sur la planification du trajet et sur la spécification des tâches de haut niveau.

Les travaux en vision par ordinateur portent surtout sur les procédés de traitement pour l'interprétation d'images de données de distance en vue de la reconnaissance d'objets tridimensionnels.

■ Architectures de multiprocesseurs pour la commande en temps réel

Le système d'exploitation Harmony

■ W.M. Gentleman – S.A. MacKay – R. Parr – D. Stewart – M. Wein

On a poursuivi les travaux sur Harmony, le système d'exploitation portable pour multiprocesseurs multitâches utilisés en temps réel. Notre rapport résume les travaux visant l'amélioration du système Harmony. D'autres articles du présent *Bulletin* traitent d'applications fondées sur Harmony. De plus, Harmony est à la base de plusieurs projets entrepris à l'Université de Waterloo et à l'Université Carleton. Harmony a été distribué à plus d'une douzaine d'utilisateurs industriels, qui en évaluent le potentiel en vue de nouveaux produits, ainsi qu'à un nombre égal de laboratoires universitaires, qui les utiliseront dans le cadre de leurs installations de recherche. Plusieurs produits industriels incorporent déjà le système Harmony.

Version 2.0 d'Harmony

La version 2.0 d'Harmony a été terminée en août 1986 et est à la disposition des utilisateurs externes. La version 2.0 incorpore, entre autres, les caractéristiques suivantes :

1. On a introduit un processus de documentation sur la maintenance du logiciel, qui consigne les modernisations et les problèmes.

2. Une série de notes d'application a été implantée, de manière à fournir des informations relatives à des sujets pertinents pour les programmateurs d'Harmony. Parmi ces sujets, on compte «La mise au point des programmes Harmony» et «Qu'est-ce qu'un serveur?».
3. Le système a été modifié de manière à en permettre la mémorisation en ROM, c'est-à-dire que le système peut être dans la ROM tandis que les programmes d'applications d'utilisation occasionnelle pourraient être mémorisés au choix dans la ROM ou ailleurs. De plus, le système peut maintenant s'adapter à une gamme plus variée de serveurs.
4. Le système est maintenant entièrement compatible avec la gamme de processeurs Motorola, les 68000, 68010 et 68020, ce qui signifie que ces processeurs sont compatibles avec le système, avec le programme de mise au point et avec les outils «bound» et «examine».
5. Le programme de mise au point a été amélioré en profondeur. Ce programme sera encore amélioré dans les versions à venir.
6. Le principe du mécanisme de connexion a été révisé en profondeur de manière à éliminer certains problèmes fréquents, qui produisaient des impasses dans les serveurs rédigés par les utilisateurs, et afin de l'adapter à une gamme plus large de serveurs.
7. Nous avons incorporé à cette version un serveur TCP/IP Ethernet. Une version corrigée du serveur a été commercialisée par la suite et on peut l'obtenir sur demande.

Le manuel de l'utilisateur d'Harmony a été révisé et a été mis à la disposition des utilisateurs en avril 1987.

Environnement de développement

Nous avons entrepris le transfert de l'environnement de développement d'Harmony à un réseau de postes de travail Macintosh d'Apple (actuellement des Macintosh Plus en réseau Appletalk, avec logiciels de fichiers collectifs réalisés par des tiers). Cet environnement offre de nombreux avantages importants pour le développement de logiciels et la préparation de la documentation associée. Le développement du logiciel n'est plus fondé sur le texte et est maintenant fondé sur des graphiques, l'une des conséquences de la conversion au Macintosh. Une composante importante du nouveau système est l'existence d'un excellent éditeur de logiciel multifenêtre, qui permet de travailler sur un grand nombre de fichiers de programmes. On peut voir sur la figure 1 que toute fenêtre de fichier peut être rapidement agrandie à pleine largeur de l'écran aux fins de la mise en forme, être divisée pour le visionnement de deux sections du même fichier, puis être ramenée à sa petite icône sur l'écran.

La deuxième composante est la possibilité d'affichage du contenu de plusieurs répertoires sur l'écran (figure 2). Ces deux caractéristiques facilitent la manipulation d'un grand nombre de fichiers dans plusieurs répertoires, ce que nécessite souvent la rédaction d'applications Harmony. Ce poste de travail et ses logiciels sont relativement peu coûteux, un autre facteur qui milite en faveur du poste comme outil de développement des systèmes cibles Harmony.

Émulateur multipériphérique

Les systèmes industriels utilisés en temps réel nécessitent habituellement des pupitres d'opérateur complexes pour le traitement des données de commande et d'état. Les frais de développement de pupitres sont habituellement assez élevés et forment une part importante des coûts d'un projet typique.

Un progiciel d'émulateur multipériphérique a été développé afin de simplifier la conception et l'implantation des pupitres d'opérateur typiques grâce à la nature intégrée et graphique du Macintosh.

On a défini les classes suivantes de dispositifs : les fenêtres de texte; les formulaires, avec boutons poussoirs («radio»), des cases à cocher et des cases de texte et de chiffres (par exemple les valeurs de la fenêtre

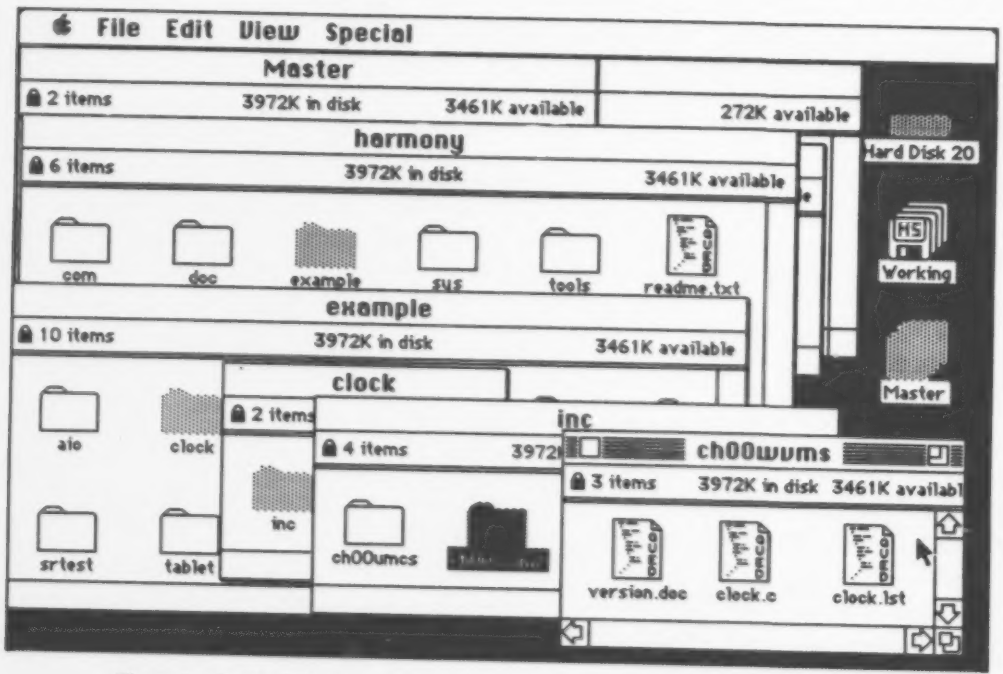


Figure 1 Partie de l'arbre de source Harmony, présenté sous forme de fenêtres se chevauchant.

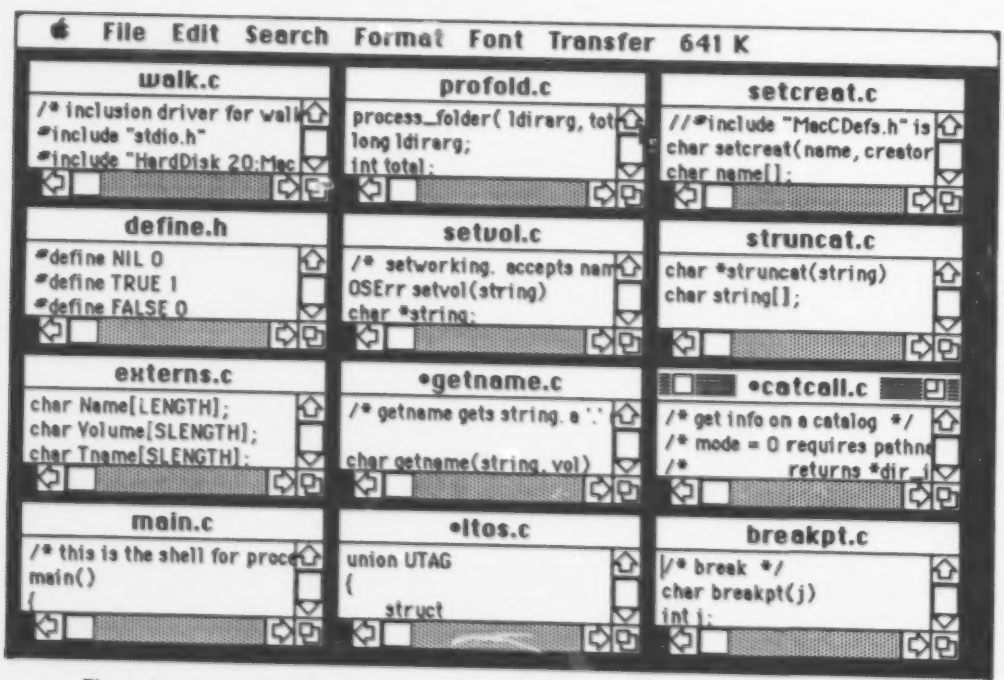


Figure 2 Un programme d'application à douze fichiers est en cours de mise en forme par l'éditeur multifenêtre QUED de Paragon Courseware Inc.

CONTROL sur la figure 3); ainsi que les panneaux formés de cadrans, d'indicateurs, de graphiques de dispersion, de diagrammes de barres, etc. Tous les dispositifs virtuels peuvent traiter les fonctions en entrée et en sortie. Un programme utilitaire distinct (semblable en gros au MacDraw de Apple) permet la conception interactive du plan du pupitre en vue d'une application spécifique.

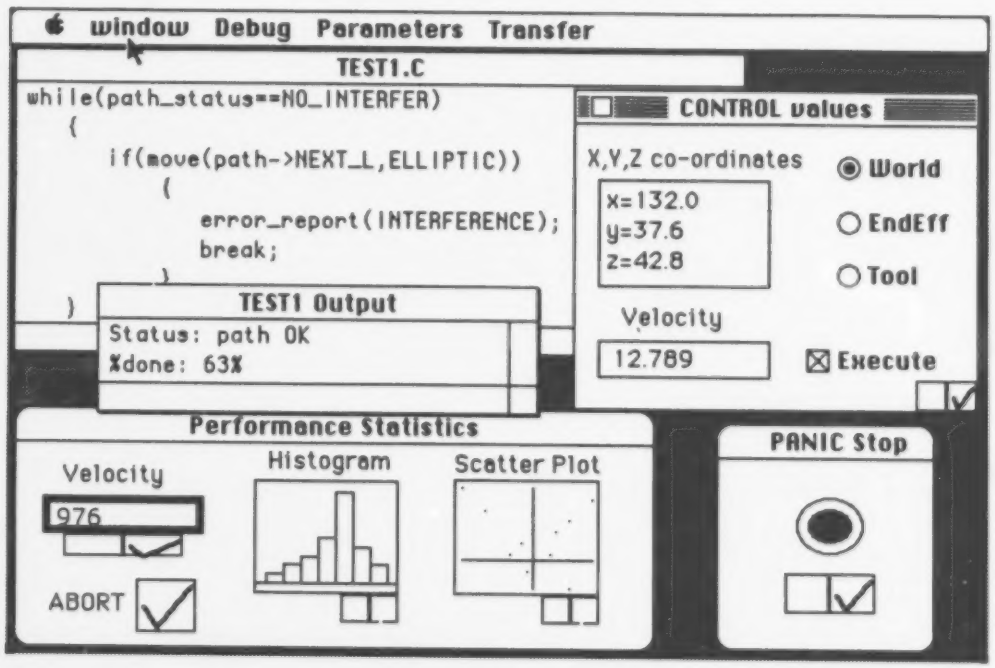


Figure 3 Émulateur multipériphérique servant d'affichage de commande et d'état.

Le Macintosh sur lequel tourne l'émulateur multipériphérique est relié au système Harmony via une ligne série. Un protocole orienté sur les paquets a été développé et permet l'entrelacement des communications pour toute apparition d'un périphérique virtuel sur l'écran. Chaque utilisation d'un périphérique est considérée comme un périphérique distinct par le système Harmony, de sorte qu'une tâche ouvre une connexion à un périphérique virtuel spécifique sur l'écran. Une application fondée sur Harmony ne nécessite pas de données sur la position ou sur les dimensions des diverses fenêtres de périphérique sur l'écran du Macintosh, ce qui constitue un avantage encore plus important.

La fonctionnalité de ce progiciel a été définie dans notre laboratoire et le code a été écrit par une entreprise d'informatique (Microstar Software Ltd.), dans le cadre d'un contrat accordé par le laboratoire. On teste présentement le progiciel afin d'éprouver les concepts de base et en vue d'éventuelles modernisations, améliorations de la performance ou de l'amélioration du système de correction des erreurs. Le serveur Harmony du MDE fera l'objet d'un article au début de l'année couverte par le prochain rapport.

Étude sur le bus VME

■ D.A. GREEN

Les produits disponibles sur le marché de la micro-informatique sont en constante évolution. L'évolution d'Harmony nous impose de rester au fait de ces nouveaux produits afin d'identifier la meilleure utilisation de ces produits pour l'amélioration de la performance de nos systèmes. À quelques exceptions près, les systèmes

utilisés dans notre laboratoire sont en place depuis 1983. Depuis, la technologie a connu des changements substantiels, parmi lesquels l'évolution de bus de systèmes de micro-ordinateurs plus performants, l'apparition de nouveaux processeurs beaucoup plus performants et l'apparition de puces de périphériques à plus grande fonctionnalité. Nous avons décidé de moderniser cette année nos machines «cibles» de manière à profiter de ces développements. Nous avons choisi des cartes de processeurs à bus VME comportant des processeurs 68010 ou 68020. Cette décision était basée sur la maturité, la diversité et la performance du produit, tandis que la sélection du processeur représente une évolution naturelle de notre base actuelle de logiciels.

Afin d'aborder ce problème le plus efficacement possible, nous avons élaboré la spécification fonctionnelle d'une carte de processeur et l'avons distribuée à 36 producteurs de ces produits en Amérique du Nord. Nous avons reçu plus de 20 réponses résultant de ces demandes et d'autres contacts directs. Nous avons rapidement constaté que malgré l'éventail relativement limité des cartes 68020, ces produits représentent une amélioration substantielle de la performance en regard d'une augmentation de coûts relativement faible par rapport aux cartes 68010 et nous avons donc décidé de concentrer nos travaux sur ces dispositifs.

L'implantation actuelle en mémoire partagée de Harmony impose un certain nombre de contraintes matérielles, que bien des fournisseurs n'ont pu satisfaire, parmi lesquelles les limites de la configuration d'adresse de la mémoire à deux portes, les limites de la configuration d'interruption et l'absence d'une méthode appropriée pour la production de signaux d'interruption interprocesseurs. Qui plus est, certaines cartes n'ont pu satisfaire aux conditions d'entrée/sortie nécessaires à nos applications. En dernière analyse, nous avons choisi une carte qui satisfait à toutes les conditions fonctionnelles essentielles mais dont les caractéristiques d'entrée/sortie sont très limitées. Nous espérons que l'éventail des cartes s'accroîtra avec la croissance rapide du marché VME.

Modernisation intérimaire du processeur 68020

■ D.A. Green – D. Stewart

Deux des machines Chorus actuelles fondées sur le processeur 68000 ont été équipées de processeurs 68020 et de coprocesseurs à point flottant 68881. Cette modernisation a été implantée au moyen de cartes secondaires commerciales conçues à cette fin. Les incompatibilités matérielles ont été identifiées et nous avons dû les surmonter lors de la conception de la carte secondaire et de la carte de processeur originale. Cette modernisation nous a permis d'acquérir une certaine expérience avec le nouveau processeur avant la commercialisation de masse des cartes 68020.

L'introduction des nouveaux processeurs a entraîné la constitution et la refonte de bibliothèques afin de permettre la liaison avec un logiciel adapté à la configuration appropriée. Ces travaux ont confirmé que les installations de commande de configuration incorporées au processus de gestion du logiciel d'Harmony sont puissantes et commodes. Ce résultat est particulièrement valide dans l'éventualité de la multiplication des configurations possibles.

■ Infographie

Poste de travail de planification des tâches robotisées

■ D.A. Green – S.A. MacKay – M. Wein

Le projet visant le développement d'un poste de travail de planification des tâches robotisées a été complété pendant la période qui fait l'objet du présent rapport. Le présent sommaire décrit les objectifs de départ ainsi que les réalisations.

Le développement du poste comportait cinq objectifs spécifiques :

1. le développement d'une interface machine–utilisateur riche, fondé sur le modèle multitâche, par une combinaison de fenêtres bidimensionnelles et tridimensionnelles;

2. un progiciel interactif pour la réalisation de géométries d'objets pour le bras robotisé et son environnement dans une base de données hiérarchisée;
3. un gestionnaire d'affichage en temps quasi-réel pour le système Ikonas/Adage d'affichage de hiérarchies d'objets sous forme de structures en graphiques acycliques dirigés (GAD);
4. un contrôleur robotique de logiciel pour l'implantation de la cinématique du bras et
5. le développement d'une approche efficace pour la planification interactive des tâches dans le cadre d'applications d'assemblage mécanique.

Le départ d'un membre-pivot de l'équipe a entraîné la révision du projet et une réévaluation des ressources à notre disposition. Par suite de cette révision, les travaux ont été réorganisés en conformité des priorités et les ressources ont été redistribuées. Les travaux sur un contrôleur robotique fondé sur logiciel (objectif 4) constituent maintenant un projet distinct. Les travaux sur la planification des tâches (objectif 5) font maintenant partie intégrante des activités courantes en robotique. Ces deux objectifs font l'objet de textes distincts dans le présent *Bulletin*.

L'interface machine–utilisateur fondée sur le modèle multitâche (objectif 1) a été développée sous forme d'un certain nombre de serveurs dans le système d'exploitation Harmony, y compris le serveur graphique, le pupitre de périphériques d'entrée et le gestionnaire de fenêtres. Le principe de l'interface machine–utilisateur constitue un apport important au modèle des postes de travail éventuels. Ces travaux ont été décrits pour la première fois à la première conférence de l'IEEE sur les postes de travail ainsi que lors de Graphics Interface '86 et ACM/SIGGRAPH 86. Le modèle développé ressemble à celui développé par Stanford University et ces deux modèles constituent la base d'un modèle de référence proposé lors de ACM/SIGGRAPH par l'atelier sur les méthodologies d'interaction. Le Département d'informatique de l'Université de Waterloo travaille encore sur ce projet, dans le cadre d'un projet à plus long terme sur les architectures des postes de travail.

Le progiciel d'affichage pour l'affichage en temps quasi-réel des objets sous forme de structures GAD (objectif 3) a été réalisé et est utilisé par la Faculté de génie de l'Université de Waterloo pour la simulation robotique et par le Département d'informatique pour l'étude de la dynamique des mouvements humains.

Une activité connexe fut la conception d'un coupleur de bus à mappage de mémoire entre une machine Chorus fondée sur le bus VME et le processeur M68000 dans le bus du processeur d'affichage Adage/Ikonas. Les travaux de conception sont essentiellement terminés mais nous ne sommes pas encore passés à l'étape de la fabrication.

Édition des données tridimensionnelles du télémètre laser

■ K.B. Evans – L. Ruhlmann[1]

Ce projet a été transféré à HYMARC Engineering Limited qui prévoit incorporer les fonctions d'édition aux produits de soutien de logiciel de leur caméra laser. Le logiciel a été développé au CNRC sur un Ada-Adage 3000 et a été transféré au poste de travail Iris Silicon Graphics de HYMARC. La nature du processus d'édition interactive nécessite un taux d'affichage en temps quasi-réel et on prévoit que les avantages de performance de l'Iris amélioreront grandement le processus de perfectionnement du logiciel. La nécessité d'afficher sous forme de points, de dessins au trait ou de surfaces ombrées des ensembles de données complexes recueillies par le scanner laser à des taux dynamiques (30 images par seconde) est très exigeante, même pour les meilleurs appareils graphiques actuels. Ce projet a été réalisé en collaboration avec la Section de photonique et capteurs de la Division, qui avait développé le télémètre laser.

[1]Adjoint temporaire du Centre national de la recherche scientifique, Strasbourg, France, de novembre 1985 à septembre 1986.

■ Robotique à capteurs

Commande robotisée

Commande du PUMA 560

■ D.H. O'HARA – S. ELGAZZAR

La famille de robots PUMA offre une méthode de rechange pour la modification en temps réel des trajets programmés sur une ligne série de 19,2 kbauds en provenance d'un ordinateur externe. Les premiers essais de cette installation ont révélé des résultats inattendus que nous n'avons pu résoudre. Puisque l'exploitation était limitée à un seul mode produisant des résultats constants, nous avons pu créer un environnement de commande robotisée qui permet au multiprocesseur Harmony de commander la totalité des mouvements du robot. Ceux-ci sont spécifiés dans un espace cartésien mais peuvent être spécifiés par rapport à des systèmes de coordonnées statiques ou dynamiques.

Insertion d'un bloc prismatique

■ D.H. O'HARA

Une liaison Alter modifée a servi à la réalisation d'une expérience d'insertion de bloc, avec guidage par les informations sensorielles provenant du capteur de poignet du centre de conformation télécommandé (IRCC). L'organisation de cette tâche n'a recours qu'au capacités les plus primaires du contrôleur commercial. Toutes les décisions portant sur les corrections du mouvement et leur spécification détaillée sont effectuées par l'ordinateur externe. Le contrôleur du système était un multiprocesseur trois cartes tournant sous le système d'exploitation Harmony. En plus de la commande robotisée, les activités majeures portaient sur le traitement et l'interprétation de données de capteur, la mise en séquence de l'algorithme pour la tâche complète et l'interface machine–opérateur pour le contrôle de la séquence de la tâche et la correction des erreurs.

Les principaux éléments de la structure des tâches d'Harmony utilisée dans ce projet forment une base pour nos futurs travaux sur les contrôleurs robotisés. Il est à noter que les séquences de mouvements du robot et l'interprétation sensorielle étaient réalisées en même temps et indépendamment tandis que les incréments de correction du mouvement n'étaient superposés au vecteur de mouvement instantané qu'en cas de déviation par rapport à la condition détectée et celle prévue. Ces travaux sont décrits dans une bande vidéo, tandis qu'un rapport est en cours de préparation.

Contrôleur robotisé expérimental

■ S. ELGAZZAR – D.A. GREEN

Ce projet vise l'implantation d'un nouveau contrôleur pour le bras du robot PUMA 560, de manière à exploiter au maximum les possibilités du système multiprocesseur Harmony. Un contrôleur de ce type constituera une plate-forme ouverte pour l'intégration des fonctions sensorielles et permettra de réagir rapidement et exactement à une série de directives variables.

On avait déjà réalisé l'interface de bas niveau. Pour ce faire, il a fallu retirer le microprocesseur LSI-11 du contrôleur du PUMA et le remplacer par une interface parallèle reliée à l'une des cartes de microordinateur fondées sur le MC68000 d'une machine Chorus. On a développé du matériel d'interface et des routines en langage d'assemblage pour assurer les communications entre le multiprocesseur Harmony et les processeurs des joints individuels. De plus, le serveur «_Arm server» d'Harmony a été développé afin d'établir un mécanisme d'interface commode pour l'utilisateur terminal.

L'organisation de ce contrôleur bas de gamme a été revue et on y a apporté des révisions et des extensions afin qu'il prenne la structure nécessaire à la fonctionnalité de commande du système global, ce qui comprend l'introduction d'un module 68020/68881 dans l'un des processeurs, de manière à permettre l'adressage à point flottant par matériel, ce qui est nécessaire pour les calculs en temps réel.

La fonctionnalité assurée jusqu'à présent comprend l'initialisation et l'étalonnage du bras, l'interrogation de la position actuelle et de l'état du bras, le mouvement individuel des joints, la production d'un mouvement interpolé des joints et la production d'un signal d'arrêt d'urgence pendant le mouvement. On travaille à

l'accroissement des possibilités afin d'offrir une gamme complète de production des trajectoires dans l'espace cartésien, par préprogrammation ou par commande sensorielle directe.

Contrôleur robotisé P-Can ■ D.A. GREEN

Un projet commun avec P-Can Robotics Inc. vient tout juste d'être entrepris. Ce projet donnera lieu à la conception d'un contrôleur robotisé fondé directement sur notre expérience d'application d'Harmony au contrôle d'un bras robotisé. Jusqu'à présent, les travaux ont surtout porté sur des discussions très théoriques sur l'architecture des systèmes, sur des discussions détaillées en matière des processus de dévelopement du matériel et du logiciel, ainsi que sur la configuration préliminaire du matériel réel du système.

Scanner de profil monté sur le poignet

Développement du scanner de profil ■ G.H. BECHTHOLD – D.G. TAYLOR – M.D. DUGGAN

On a conçu un scanner de profil résistant et de faibles dimensions, qui sera monté sur le poignet d'un bras robotisé. Il est conçu autour d'un télémètre laser. La figure 4 montre les chemins optiques du faisceau émis et de l'image de retour. La première version a servi au soutien des travaux de laboratoire décrits dans la prochaine section. Afin d'accélérer les choses, on a converti les données de distance et d'azimut mesurées dans le système de référence approprié en coordonnées rectangulaires par étalonnage du robot, ce qui donne une exactitude d'au moins 1 mm, en conformité des prévisions. Toufefois, les premières mesures de résolution en distance pendant les essais de qualification ont indiqué que la performance du matériel est de beaucoup meilleure. La figure 5 donne une idée de la qualité des données recueillies par le capteur.

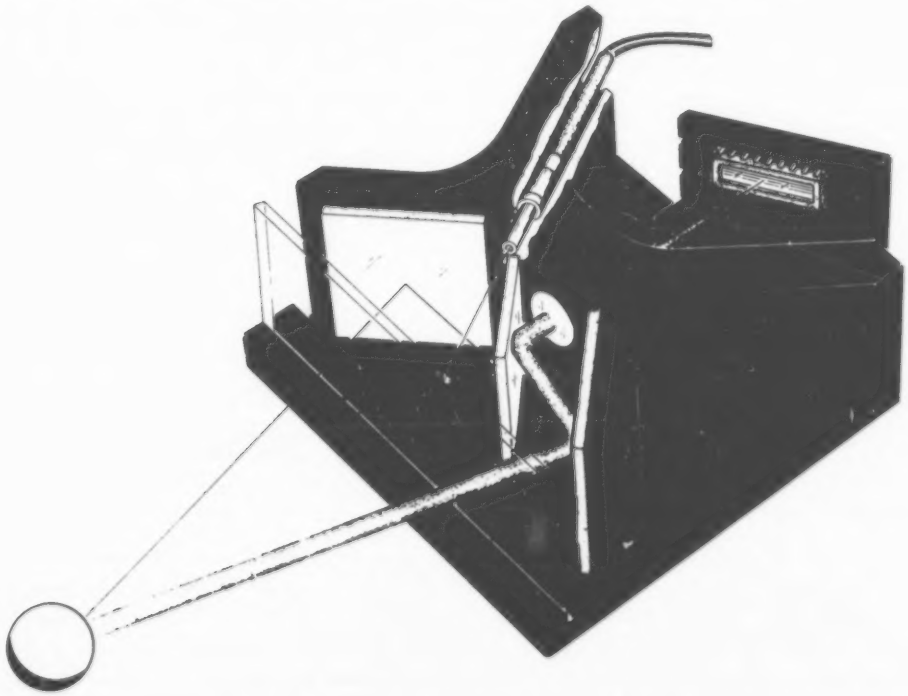
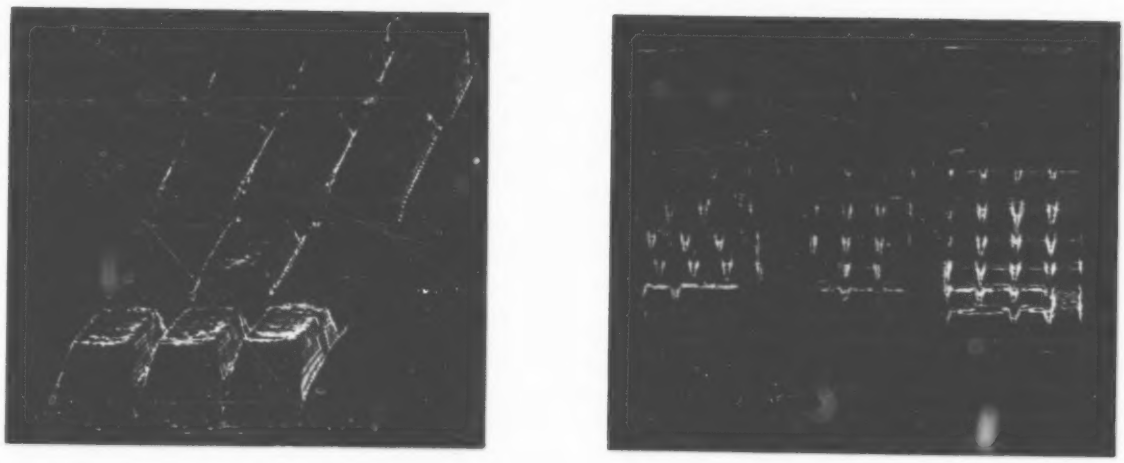


Figure 4 Schéma fonctionnel du scanner de profil monté sur le poignet d'un robot. L'illustration montre les chemins optiques du faisceau émis et de l'image réfléchie. La surface réflectrice commune est entraînée par un galvanomètre (non montré) aux fins de l'analyse de la cible.



(a) (b)

Figure 5 Affichage montrant la qualité des données de distance obtenues par l'exploration d'un clavier d'ordinateur à: (a) faible et (b) grande distance.

Par suite de cette expérience, nous avons décidé de construire une configuration à faisceaux croisés au moyen de deux scanners. En raison du taux de données relativement élevé réalisable au moyen du scanner, l'unité deux têtes incorpore un multiplexeur vidéo de manière que les deux scanners partagent en alternance une série de circuits électroniques communs. On compte parmi les autres améliorations une modification du support laser, un nouveau positionneur mécanique pour le couplage des fibres optiques, la modification des lentilles de couplage laser-fibres, un accroissement de la puissance laser et la modification de l'atténuateur optique.

On a entrepris des travaux sur une installation d'étalonnage qui permettra l'étalonnage exact du scanner de profil. Le processus d'étalonnage appliquera toutes les corrections nécessaires aux données, y compris la conversion des lectures de distance et d'azimut en système de coordonnées rectangulaires. La sortie étalonnée de l'appareil produit à tous les 80 ms une paire de profils de distance croisés, avec précision primaire supérieure à 0,1 mm par rapport à sa plaque de base matérielle.

La construction d'un prototype fondé sur ce concept a été entreprise en collaboration avec Servo Robot Inc.

Saisie de pièces au moyen du télémètre monté sur le poignet ■ G. Roth – C. Merritt

Le scanner de profil a été monté sur le robot PUMA en vue de la saisie de pièces à partir de notre approche fondée sur le point de préhension. On a tout d'abord étalonné le télémètre de manière à obtenir les coordonnées tridimensionnelles directes par rapport à l'outil robotisé. L'acquisition et le traitement des données visant à trouver le point de préhension approprié sur les objets inconnus utilise un algorithme en deux étapes.

La première étape de cet algorithme détermine l'orientation de la pince le long du grand axe de la pièce la plus proche du télémètre. Une caméra modulatrice montée au sommet aide à l'identification du grand axe par vision binaire et transformation de l'axe médian. La seconde étape déplace le robot en parallèle à l'orientation choisie de manière à recueillir un certain nombre de profils. Ces profils sont combinés et on détermine

un point de préhension qui est géométriquement acceptable par l'utilisation de nos méthodes de planification spatiale.

La matériel est formé d'un système Harmony relié à une machine symbolique LISP avec mémoire deux portes. Le système Harmony recueille les données du scanner et fait bouger le robot par émulation du terminal et par le mode Alter du VAL-II. La machine LISP effectue la planification spatiale de haut niveau et communique avec le système Harmony lorsqu'elle nécessite des données ou veut faire bouger le robot.

Les tests sur l'ensemble du système avec un éventail de pièces, allant de vis à des bagues, ont donné de bons résultats. La figure 6 montre le robot en train de saisir un boulon dans une pile. Il lui faut environ 1 min par pièce, mais il est possible d'écourter considérablement cette durée par le transfert au système Harmony de tous les algorithmes mémorisés dans la machine LISP.

Figure 6 Le robot en train de saisir un boulon dans une pile de boulons par la méthode du point de préhension.

Dans l'optique d'une utilisation éventuelle du scanner de profil pour la reconnaissance des objets, on a effectué dans un environnement simulé une étude préliminaire sur la méthode de sélection des directions successives de visée pour l'accumulation des caractéristiques d'objets à partir de données de profil linéaire. Les objets ont été modélisés sous forme de polyèdres réguliers simples et les caractéristiques extraites comprennent les frontières des surfaces, les équations des surfaces et leurs normales, les angles entre surfaces adjacentes et les lignes d'intersection entre des surfaces adjacentes. L'étape suivante consiste en l'établissement d'une méthode plus complète de représentation des objets pouvant servir à commander la recherche

d'acquisition des données et la vérification des caractéristiques qui pourraient correspondre aux modèles des objets.

Programmation et planification des tâches

L'une des exigences en robotique à capteurs est la possibilité de programmer des manipulateurs au niveau des opérations de tâche plutôt qu'au niveau des mouvements individuels. L'importance d'une telle fonction est fonction directe de la baisse du niveau de structuration de l'environnement dans lequel la tâche doit être effectuée. Les secteurs de recherche suivants portent sur divers aspects du problème global de planification autonome des tâches.

Planification et spécification des tâches

■ K.B. EVANS

Les travaux sur ce sujet ont débuté directement à la suite du projet du poste de travail robotisé.

La spécification des tâches porte sur la production d'un environnement interactif graphique dans lequel un utilisateur non spécialisé peut spécifier les opérations requises par une tâche d'assemblage. L'environnement graphique sert aussi à la spécification d'informations visuelles immédiates, de manière que l'opérateur puisse déterminer si ses intentions ont été correctement interprétées. Cette spécification forme l'entrée d'un planificateur qui produit un flot d'instructions pour la séquence d'actions nécessaire à la réalisation de la tâche. Pour ce faire, le planificateur doit décider de la méthode d'utilisation des données du capteur pour le traitement des incertitudes dans l'environnement, de la détection et de la correction des erreurs. Au départ, on exige que l'utilisateur fournisse une spécification aussi complète que possible afin de minimiser les exigences d'une faculté de raisonnement générale dans le planificateur.

Les travaux effectués dans le cadre de ce projet ont consisté en la familiarisation avec le problème et sa formulation; certaines expériences initiales ont été réalisées avec l'environnement Symbolics/robot dans lequel on procèdera au développement.

Système de manipulation d'objets à base de modèles pour le raisonnement spatial

■ T.H. SHEPERTYCKI

Une fonction autonome de planification sans collision des trajectoires nécessite un modèle spatial complet du robot et de son environnement. Une approche visant la réalisation de ce modèle consiste en l'utilisation d'un modèle de représentation centré sur l'objet et fondé sur des cylindres généralisés. L'implantation de ce système s'effectue dans le cadre orienté sur l'objet (Flavors) de la machine LISP Symbolics 3600, ce que nous avons décrit dans le numéro précédent du *Bulletin*.

Au cours de la période couverte par le présent rapport, l'éventail d'objets que nous pouvons représenter a été accru et comprend maintenant des cylindres généralisés dont les sections correspondent à des polygones réguliers ou irréguliers. Cet accroissement permet le représentation d'objets qui ne possèdent pas la symétrie de rotation par rapport à leur axe. On peut aussi représenter dans ce cadre les plans et les droites dans un espace à trois dimensions. Cette fonction pourrait éventuellement permettre la représentation des frontières dans les extensions futures du système.

De plus, nous sommes en train d'ajouter un nouveau ensemble d'objets à section circulaire, ce qui éliminera la nécessité du recours aux polygones réguliers à plusieurs côtés, un processus qui peut être inefficace si plusieurs côtés sont nécessaires pour l'obtention d'une représentation exacte. On étend présentement à ces nouvelles classes toutes les procédures implantées jusqu'à présent; pour ce faire, on procède par perfectionnement des méthodes, par combinaison des méthodes ou, au besoin, par l'ajout de nouvelles procédures.

■ Vision par ordinateur

Procédés mathématiques pour l'analyse des images

Approximation de courbes planes par polygones dans la norme L_1 ■ N.N. ABDELMALEK

L'approximation par morceaux de courbes planes comporte plusieurs applications. Dans les domaines du traitement des images et de la reconnaissance des configurations, cette méthode sert à l'identification des caractéristiques, au filtrage du bruit et à la compression des données. Elle sert aussi à la reconnaissance de la parole et dans de nombreux autres domaines. En présence de pointes ou de points aberrants sur une courbe donnée, on recommande habituellement le recours à l'approximation de la courbe par L_1 plutôt que par les autres normes comme, par exemple, L_2 ou la norme de Chebyshev.

Nous décrivons dans le présent article un algorithme pour la réalisation d'une approximation polygonale dans la norme L_1 de la courbe plane d'une forme arbitraire. La norme L_1 (erreur) de n'importe quel segment ne doit pas dépasser une valeur prédéterminée. On résout tout d'abord le problème par la numérisation de la courbe. On applique ensuite l'algorithme à des points discrets. Les sommets de l'arc polygonal forment un sous-ensemble de points de la courbe numérisée. Puisque l'algorithme utilise des méthodes de programmation linéaire, il est efficace et rapide.

Vision bidimensionnelle

Textures linéaires dans les dessins au trait ■ T. KASVAND

Les textures linéaires sont les lignes pointillées, les lignes à tirets, les hachures ou les autres types de traits que l'on trouve généralement sur les schémas techniques, sur les cartes, sur les tableaux, sur les graphiques, etc. Ces textures facilitent le vision humaine. On propose des méthodes pour la segmentation des images contenant des combinaisons de lignes texturées. On n'étudie que le cas général, pour lequel on ne dispose d'aucune information préliminaire sur les éléments texturaux ni sur le nombre de traits. L'approche généralisée que nous proposons exige un fort volume de calculs, mais presque tous les types de calculs permettent la conception de processeurs pipelines, séries et parallèles. Ces méthodes sont donc réalisables en théorie. On peut utiliser des connaissances préalables sur les formes des traits ou sur la nature des éléments texturaux pour éviter plusieurs étapes de calcul; on peut aussi interrompre les calculs dès que l'on dispose de suffisamment d'informations pour la résolution de problèmes pratiques.

Assortiment de formes bidimensionnelles pour les objets isolés ■ N.N. ABDELMALEK

On a développé un algorithme d'assortiment de formes bidimensionnelles pour les objets isolés. On obtient tout d'abord la frontière de l'objet dans l'image numérisé. On effectue ensuite une analyse régression à partir des coordonnées polaires de la frontière et on la résout. Les paramètres de la solution décrivent l'objet car ils sont invariants quelles que soient les rotations, les translations ou les dimensions de l'objet. Cet algorithme est basé sur la méthode proposée par Dubois et Glanz (1, 2) et par Kashyap et Chellapa (3).

Références

1. Dubois, S.R., et Glanz, R.H. An autoregressive model approach to two-dimensional shape classification. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. PAMI-8: 55–65; 1986.
2. Dubois, S.R., et Glanz, R.H. L'errata à «An autoregressive model approach to two-dimensional shape classification.» IEEE Trans. Pattern Anal. Math. Intell. PAMI-8: 561; 1986.
3. Kashyap, R.L., et Chellappa, R. Stoachastic models for closed boundary analysis: Representation and reconstruction. IEEE Trans. Inf. Theory, IT-27: 627–637; 1981.

Reconnaissance d'objets plats réflecteurs ou transparents ■ H. YAMADA[1] – T. KASVAND

On applique à la reconnaissance des objets une méthode d'assortiment par programmation dynamique (PD) bidimensionnelle. On utilise les vues de dessus d'objets relativement plats. On extrait d'une image d'entrée la forme d'assortiment optimal, tout en laissant une certaine marge pour les variations de longueur de tous les côtés d'un polygone modèle. On utilise des données sur la directionnalité des contours afin d'améliorer la performance et on tient compte aussi du comportement cyclique d'un contour. Cette méthode a été appliquée à deux groupes d'objets : un groupe contient des ciseaux et des bagues en métal réflecteur, tandis que l'autre est formé de cendriers en verre. Tous ces objets sont placés devant un arrière-plan relativement peu encombré et sont en éclairage standard.

Traitement des images radar et reconnaissance des objets tridimensionnels

Nos travaux de recherche portent surtout sur le prétraitement d'images tridimensionnelles d'un télémètre laser et sur la reconnaissance d'objets dans ces images dans diverses conditions et selon diverses configurations de l'objet.

Détection de sauts ou de rebords de sauts par extrapolation ■ T. KASVAND

Les cartes de profondeur, les images de distance ou les images de profondeur $Z(X, Y)$ produites par télémètre laser contiennent des discontinuités dans les valeurs de Z aux points de rencontre de deux surfaces. Le pixel le plus proche d'un rebord de saut peut se trouver du côté «haut» ou du côté «bas» de la discontinuité, ce qui signifie que sa valeur est incertaine sur l'ensemble de la hauteur du saut. Puisque l'on doit déterminer l'emplacement des rebords du saut, on obtient par extrapolation des pixels environnants une série de valeurs probables $F_k(p)$, $k = 1, 2, ...$, pour chaque pixel p de l'image. Une fonction du rebord de saut $J(X_i, Y_j)$ est calculée à partir des valeurs de $F_k(p)$, $p[(X_i, Y_j)]$, $i = 1, 2, ..., I_m$; $j = 1, 2, ..., J_m$; dimensions de l'image $= I_m$ par J_m, qui sont particulièrement sensibles aux rebords de saut. L'image du rebord de saut $J(X, Y)$ est traitée comme toute image de rebord.

Courbure des surfaces dans les images de distance tridimensionnelles ■ T. KASVAND

L'extraction et la reconnaissance des surfaces dans les cartes de profondeur ou les images de distance $Z(X, Y)$ produites par les télémètres laser nécessitent habituellement le calcul des normales aux surfaces et de la courbure des surfaces. La simulation numérique des procédures de dérivation en géométrie différentielle permet d'utiliser les normales aux surfaces pour calculer directement les approximations de la courbure des surfaces principales K_1 et K_2 et de leurs directions à chaque pixel de l'image. Les calculs sont plus complexes que ceux fondés sur l'assortiment de surfaces ou sur l'application directe de formules en géométrie différentielle, mais cette approche offre plus de renseignements intuitifs sur les principes fondamentaux, un meilleur accès aux résultats intermédiaires et permet aussi de calculer l'erreur sur les mesures.

Segmentation des données d'images radar ■ S.H.Y. HUNG

Les méthodes classiques pour l'extraction des données de rebord dans les images de distance donnent des résultats inexacts pour la position du rebord, tandis que les petits rebords adjacents à de grands rebords sont très maculés (1). Dans le cadre de nos études sur la vision tridimensionnelle, nous avons utilisé un filtre linéaire à longueurs multiples pour corriger ce problème de traitement des données de distance. L'application séquentielle de trois filtres de longueur différente permet d'extraire la position du petit rebord et du grand rebord, sans maculage.

La référence 1 indique aussi que les méthodes les plus courantes d'extraction des surfaces sont fondées soit sur la détection des rebords, soit sur la croissance de région, mais jamais sur ces deux méthodes à la fois. Notre approche combine les deux méthodes. Les rebords nous servent de point de départ pour la croissance de région; nous obtenons la pente en chaque point dans les directions X et Y selon le plus long segment auquel le point appartient. Cette méthode se fonde donc sur les meilleures données globales à cette étape. Le processus

[1]Agent de recherche visiteur du Laboratoire électrotechnique, Tsukuba, Japon, de juillet 1985 à juin 1986.

de croissance de la région regroupe les points de même pente sur la surface. À l'obtention d'une surface fermée, on calcule la normale de cette surface sur la partie la plus fiable de la surface. Le rebord est ensuite déterminé au moyen des surfaces adjacentes.

De plus, cette méthode est utile pour la segmentation des fonctions linéaires par morceaux. Certains travaux ont été entrepris dans cette optique, en collaboration avec l'Electrotechnical Laboratory du Japon et nous préparons un article sur la question.

Référence

1. Pavlidis, T. A critical survey of image analysis methods. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris, France. Octobre 1986. pp. 502–511.

Établissement des caractéristiques de surface d'une surface de forme complexe ■ N.N. ABDELMALEK

La géométrie différentielle classique sert au calcul des caractéristiques invariantes de surface pour des données recueillies par une caméra de mesure de distance. On a entrepris une étude sur l'utilisation des caractéristiques de surface pour le développement d'algorithmes d'association d'objets tridimensionnels. Cette méthode est fondée sur la méthode proposée par Besl et Jain (1).

Référence

1. Besl, P.J., et Jain, R. Invariant surface characteristics for 3-D object recognition in range images. Comput. Vision, Graphics Image Process. 33: 33–80, 1986.

Méthode d'établissement en programmation dynamique de la correspondance entre contours invariants en rotation pour la reconnaissance des objets tridimensionnels ■ H. YAMADA[1] – M. HOSPITAL[2] – T. KASVAND

Les auteurs proposent une méthode de reconnaissance des objets tridimensionnels, fondée sur des modèles en programmation dynamique (PD). Les données d'entrée sont formées d'images de distance prétraitées dont les rebords d'entrée sont approximés par segments linéaires. Les modèles de référence sont constitués d'une série de segments dans lesquels chaque modèle forme une boucle fermée et chaque segment du modèle est plus long que le segment d'entrée correspondant. On obtient la correspondance optimale par PD, ce qui permet une certaine variation de la longueur et de l'angle relatif par rapport au segment précédent. Au cours de ce processus, il est permis de faire correspondre un segment du modèle à de nombreux segments d'entrée, mais l'inverse n'est pas permis. On tient compte du comportement cyclique des segments du modèle. Cette méthode a été testée sur des scènes d'objets tridimensionnels.

Reconnaissance fondée sur la combinaison de correspondances entre des configurations locales primitives ■ S. UMEYAMA

L'auteur a proposé une méthode de reconnaissance et de localisation d'objets tridimensionnels fondée sur des modèles. La méthode de reconnaissance proposée est fondée sur la notion de combinaison de nombreuses correspondances locales en une interprétation complète et cohérente de la scène : on établit la correspondance entre les configurations locales primitives de la scène et celles du modèle par l'utilisation conjointe des données de rebord et de surface, tandis que les correspondances locales compatibles sont accumulées et combinées de manière à produire plusieurs interprétations de la scène. L'interprétation la plus appropriée est considérée comme l'objet à reconnaître. La méthode proposée s'adapte bien au masquage des objets et peut fonctionner même si la vue de l'objet n'est que partielle. Cette méthode sert aussi aux calculs parallèles puisque les établissements de correspondances entre les configurations locales primitives, l'étape la plus laborieuse de notre méthode, sont totalement indépendantes l'une de l'autre et peuvent être effectuées en parallèle. Cette méthode a été testée au moyen d'images de scènes réalistes d'objets tridimensionnels recueillies par le télémètre laser.

[1]Chercheur invité du Laboratoire électrotechnique, Tsukuba, Japan, de juillet 1985 à juin 1986.
[2]Bourses postdoctorales Canada/France de l'Université de Clermont, Aubière, France, de décembre 1985 à décembre 1986.

Reconnaissance d'objets tridimensionnels isolés au moyen des paramètres d'invariants de moment

■ S.H.Y. HUNG

L'approche courante pour la reconnaissance des objets passe par l'extraction de caractéristiques géométriques locales des données comme, par exemple, les rebords, les coins, les surfaces; ces caractéristiques sont à la base de la description d'un objet. Une autre approche consiste à considérer l'image numérique d'un objet comme une fonction de distribution qui identifie en propre l'objet. Plutôt que d'extraire les caractéristiques locales, on utilise les propriétés globales de l'objet pour le décrire aux fins de l'identification. Les caractéristiques globales utilisées le plus fréquemment sont les invariants de moment. Ils ont été utilisés avec succès pour la reconnaissance d'objets bidimensionnels et de silhouettes d'objets tridimensionnels (1–4). Les données de distance des objets tridimensionnels semblent être bien adaptées à cette approche.

On a traité des images de distance pour les vues multiples d'objets simples afin d'évaluer le potentiel de cette méthode. On peut tirer les conclusions suivantes des résultats préliminaires :

1. Les sept invariants de moment décrits dans la référence 1 et utilisés dans les références 1 à 4 sont remarquablement stables par rapport aux translations, aux variations d'échelle et aux rotations dans le même plan, introduites dans les données par simulation; cette stabilité était prédite par la théorie.
2. La résolution ou puissance de séparation des sept invariants peut discriminer entre deux vues d'un objet qui comportent de faibles différences de la direction de visée (environ 5°).
3. La durée de recherche peut être considérablement écourtée par une méthode à deux étapes qui établit d'abord la correspondance avec l'histogramme. Bien que l'histogramme ne détermine pas entièrement l'objet, il permet de garantir que le meilleur candidat n'est pas éliminé.
4. Les invariants de moment utilisés dans notre méthode se calculent facilement. La somme des calculs nécessaires est inférieure à celle de l'extraction de surfaces ou des autres caractéristiques locales.

À l'heure actuelle, cette méthode semble prometteuse en vue de l'identification d'objets isolés dans des directions de visée contrôlées. Nos travaux actuels prévoient de tester cette méthode sur des cas de formes plus complexes.

Références

1. Hu, M-K. Visual pattern recognition by moment invariants. IRE Trans. Inf. Theory, IT-8: 179–187; 1962.
2. Dudani, S., Breeding, K., et McGhee, R. Aircraft identification by moment invariants. IEEE Trans. Comput. C-26: 39–46; 1977.
3. Smith, F., et Wright, M. Automatic ship photo interpretation by the method of moments. IEEE Trans. Comput. C-20: 1089–1095; 1971.
4. Goshtasky, A. Template matching in rotated images. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. PAMI-7: 338–344; 1985.

MÉMOIRES RÉCENTS — AUTOMATIQUE

Publiés

☐ ABDELMALEK, N.N. Chebyshev and L_1 solutions of overdetermined systems of linear equations with bounded variables. Numer. Funct. Anal. Optimiz. 8(3,4): 399–418; 1985–86. CNRC 25258.

☐ ABDELMALEK, N.N. Noise filtering in digital images and approximation theory. Pattern Recognition, 19(5): 417–424; 1986. CNRC 25270.

- ☐ Abdelmalek, N.N. Approximation in theory and noise filtering in digital images. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris, France. 27–31 octobre 1986. pp. 201–205. CNRC 26610.
- ☐ Abdelmalek, N.N. Polygonal approximation of planar curves in the L_1 norm. Int. J. Syst. Sci. 17(11): 1601–1608; 1986. CNRC 26563.
- ☐ Abdelmalek, N.N. Computer programs for L_1 polygonal approximation of planar curves. CNRC/ERB-987, mars 1986. 23 pages. CNRC 25078.
- ☐ Boulanger, P., Evans, K.B., Rioux, M., et Ruhlmann, L. Object input for CAD/CAM using a 3D laser scanner. Proceedings of the 8th Symposium on Engineering Applications of Mechanics, Sherbrooke (Qué.). 8–10 juin 1986. pp. 100–106. CNRC 25446.
- ☐ Boulanger, P., Evans, K.B., Rioux, M., et Ruhlmann, L. Interface between a 3-D laser scanner and a CAD/CAM system. Proceedings of the 5th Canadian CAD/CAM & Robotics Conference and Exposition, Toronto (Ont.). 17–19 juin 1986. pp. 731–737. CNRC 27781.
- ☐ Burtnyk, N., Scrimgeour, J., Udd, J.E., et Pathak, J. Recent developments in remote mining systems. Annual General Meeting of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Montréal (Qué.). 11–15 mai 1986. Aussi CANMET, Division Report, M&ET/MRL, 86-56 (OP).
- ☐ Dhome, M., et Kasvand, T. Polyhedra recognition by hypothesis accumulation from range data. CNRC/ERB-985, mai 1986. 150 pages. CNRC 25655.
- ☐ Dhome, M., et Kasvand, T. Hierarchical approach for polyhedra recognition by hypothesis accumulation. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris (France). 27–31 octobre 1986. pp. 88–91. CNRC 26617.
- ☐ Green, D. An investigation into the design of a hardware accelerator for the Harmony real-time operating system. CNRC/ERB-981, mars 1986. 41 pages. CNRC 25656.
- ☐ Kasvand, T. Step or jump edge detection by extrapolation. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris (France). 27–31 octobre 1986. pp. 374–377. CNRC 26619.
- ☐ Kasvand, T. Linear textures in line drawings. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris (France). 27–31 octobre 1986. pp. 398–401. CNRC 26620.
- ☐ Kasvand, T. Surface curvatures in 3-D range images. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris (France). 27–31 octobre 1986. pp. 842–845. CNRC 26621.
- ☐ MacKay, S.A., et Tanner, P.P. Graphics tools in Adagio, a robotics multitasking multiprocessor workstation. Proceedings of Graphics Interface '86, Vancouver (C.-B.). 26–30 mai 1986. pp. 98–103. CNRC 25461.
- ☐ Oka, R., Kasvand, T., et Rioux, M. Recognition of three-dimensional objects based on the cross-angle transform. CNRC/ERB-980, juillet 1986. 82 pages. CNRC 25661.
- ☐ Otsu, N., Kasvand, T., et Umeyama, S. Multiple regression analysis approach to automatic design of adaptive image processing systems. CNRC/ERB-996, février 1987. 67 pages. CNRC 27428.
- ☐ Roth, G., et O'Hara, D. A holdsite method for parts acquisition using a laser rangefinder mounted on a robot wrist. 1987 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Raleigh (NC). 30 mars – 3 avril 1987. pp. 1517–1523. CNRC 27171.
- ☐ Tanner, P.P., MacKay, S.A., Stewart, D.A., et Wein, M. A multitasking switchboard approach to user interface management. Proceedings of ACM SIGGRAPH '86 Conference, Computer Graphics, Dallas (TX). 18–22 août 1986. Vol. 20(4), pp. 241–248. CNRC 25635.
- ☐ Yamada, H., et Kasvand, T. DP matching method for recognition of occluded, reflective and transparant object with unconstrained background and illumination. Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition, Paris (France). 27–31 octobre 1986. pp. 95–98. CNRC 26618.
- ☐ Yamada, H., et Kasvand, T. Dynamic programming in pattern recognition. CNRC/ERB-994, février 1987. 81 pages. CNRC 27480.

- ☐ YAMADA, H., HOSPITAL, M., ET KASVAND, T. Rotation-invariant contour DP matching methods for 3D object recognition. Proceedings of the 1986 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Atlanta (GA). 14–17 octobre 1986. pp. 997–1001. CNRC 26608.

Présentés

- ☐ BOULANGER, P., RIOUX, M., ET EVANS, K.B. Interface entre un système de vision tridimensionnelle et un système CFAO. 54e Congrès de l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Montréal (Qué.). 13 mai 1986.
- ☐ ELGAZZAR, S. Robotics research, Laboratory for Intelligent Systems, National Research Council of Canada. NATO International Advanced Research Workshop on Machine Intelligence and Knowledge Engineering for Robotic Applications, Maratea, Italie. 12–16 mai 1986.
- ☐ GENTLEMAN, W.M. The context of the Harmony project — nontraditional aspects of industrial use of computers. CNRC/DGE Association de la science, Ottawa (Ont.). 7 mai 1986.
- ☐ GENTLEMAN, W.M. Choices in inter-process communication. OCRI Distributed Computing Group, Ottawa (Ont.). 12 novembre 1986.
- ☐ GENTLEMAN, W.M., ET STEWART, D. Debugging multi-task programs. IEEE Computing Society, Ottawa (Ont.). 23 octobre 1986.
- ☐ HUNG, S.H.Y. On the straightness of digital arcs. Division of Computer Sciences, Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japon. 12 septembre 1986.
- ☐ HUNG, S.H.Y. A comparation on information handling by human and machine. Mathematical Engineering Section, Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japon. 9 octobre 1986.
- ☐ HUNG, S.H.Y. What I did, what I thought and what I saw in Japan. Division of Computer Sciences, Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japon. 31 octobre 1986.
- ☐ HUNG, S.H.Y. 3-D object recognition. Department of Applied Physics, Hong Kong Polytechnic, Hong Kong. 20 novembre 1986.
- ☐ ROTH, G. Parts acquisition with a wrist-mounted laser rangefinder. ACM Local Chapter, University of Ottawa, Ottawa (Ont.). 16 avril 1986.
- ☐ ROTH, G. Sensor-based robotics. Ottawa Artificial Intelligence Group, Ottawa (Ont). 17 juin 1986.
- ☐ ROTH, G. Applications of laser rangefinders to robot vision. McGill University, Montréal (Qué.). 9 juillet 1986.
- ☐ SHEPERTYCKI, T. A preliminary design for a frame-based object modeling system for robotics. Ottawa Artificial Intelligence Group, Ottawa (Ont.). 17 juin 1986.
- ☐ TANNER, P.P., WEIN, M., GENTLEMAN, W.M., MACKAY, S.A., ET STEWART, D.A. The user interface of Adagio: a robotics multi-tasking multiprocessor workstation. 1st International Conference on Computer Workstations, San Jose (CA). 11–14 novembre 1985.
- ☐ WEIN, N. Impact of new technologies on graphics standards and practices. Carleton/Ottawa Universities Joint Master's Programme in Computer Science, Ottawa (Ont.). 9 octobre 1986.

INFORMATIQUE

Chef de section — J.W. Brahan

■ Introduction

La Section de recherches en informatique s'intéresse à la recherche et au développement dans le domaine de l'intelligence artificielle appliquée, en particulier en ce qui a trait aux systèmes à base de connaissances et à leurs applications. Une bonne partie des travaux effectués dans ce secteur ont été commencé pendant la période couverte par le présent rapport, après la fin des travaux sur le projet NATAL et le transfert de cette technologie à l'industrie. Les projets qui forment le programme de la Section portent directement sur le développement de méthodologies et d'outils de systèmes à base de connaissances ainsi que sur leur application en fonction de besoins spécifiques. On favorise tout particulièrement la collaboration avec d'autres centres de recherches, au CNRC et ailleurs. À l'heure actuelle, la Section collabore avec le Laboratoire de génie biomédical sur des recherches en apprentissage par la découverte, réalisées à partir de bases de données médicales, et avec la Division de génie mécanique en vue du développement d'une base de données pour micro-ordinateur destinée à des applications polyvalentes dans le secteur de la fabrication. En mars, nous avons signé un accord avec l'Université Laval en vue d'un projet commun de trois ans en recherche et développement de systèmes à base de connaissances. Nos partenaires à l'Université Laval sont le Département d'informatique et le Laboratoire d'intelligence artificielle en éducation. On espère que de tels projets communs permettront d'éviter le dédoublement des efforts et de profiter à fond des ressources relativement limitées dans ce secteur.

■ Systèmes à base de connaissances

■ W.H. Henneker – J.W. Brahan – B. Farley – P.L. Davidson – R.A. Orchard – A. Parent – C.S. Phan – F.B. Vernadat

Le projet des systèmes à base de connaissances a débuté cette année et vise l'acquisition d'un savoir-faire dans le domaine de l'intelligence artificielle appliquée. Le projet porte principalement sur les procédés basés sur la connaissance et vise le «développement et la démonstration d'une méthodologie souple et des outils de soutien pour la création de systèmes qui assurent la représentation, l'acquisition et l'application de la connaissance».

Pendant la période couverte par le présent rapport, nos travaux ont porté sur l'acquisition, le développement et la mise en oeuvre des installations nécessaires au soutien du projet. La matériel informatique spécia-QYlisé installé au départ pour ce projet comporte un poste de travail serveur de fichiers Sun 3/160, un poste de travail Sun 3/75 et une machine LISP Symbolics 3620. Les postes de travail Sun seront reliés, via un réseau Ethernet, à des machines semblables dans le laboratoire des systèmes de la Division de génie mécanique et seront aussi reliés à l'ordinateur MV8000 Data General de la Section. Parmi les logiciels disponibles, on compte LISP et Prolog, ainsi qu'une version de l'environnement de développement de systèmes experts ART (*Automatic Reasoning Tool*).

On a identifié les travaux à réaliser dans le cadre du projet, y compris le développement et la démonstration des méthodes d'acquisition et de conservation du contenu des systèmes à base de connaissances, le développement et la démonstration de types de représentation des connaissances «de la deuxième génération», le développement et la démonstration des interfaces machine–utilisateur, ainsi que le développement des méthodes nécessaires à l'intégration de modules de systèmes basés sur la connaissance en fonction des besoins des applications. Dans le cadre de cette dernière activité on a entrepris le développement du prototype d'un système expert de gestion des risques posés par les instruments médicaux, pour la compte du bureau de la

Radioprotection et des Instruments médicaux de Santé et Bien-être Canada. Ce système expert pourra classifier les instruments médicaux en fonction de leur risque relatif et constituera un outil important pour l'identification des priorités en matière d'enquête et pour le développement de correctifs.

Traitement des connaissances pour les systèmes intégrés

■ P.L. DAVIDSON

Dans les systèmes intégrés, les connaissances produites par les divers modules de traitement doivent être accessibles dans l'ensemble du système. On peut choisir diverses méthodes de représentation des connaissances d'après les conditions particulières à chaque module. Par exemple, on peut améliorer considérablement un module de CAO si les données relatives à l'inventaire, à la disponibilité des machines-outils, au calendrier des activités, aux tendances du marché, aux plaintes des consommateurs, etc. peuvent être consultées facilement pendant le processus de conception de nouveaux produits.

On développe présentement un noyau de traitement des connaissances pour systèmes intégrés. Le mode fondamental de représentation des connaissances est basé sur des règles, mais le système permet l'interaction avec d'autres modes de représentation. Le système possède des fonctions spécifiques comme, par exemple, les métaconnaissances, les mécanismes de chaînage avant et arrière, la vérification de cohérence des règles, les mécanismes d'optimisation et la possibilité de définir et d'appeler interactivement de nouveaux processus.

On développe présentement un module d'explication relatif au noyau d'inférences. Il est de plus en plus essentiel d'expliquer les voies de raisonnement qu'adoptent les systèmes experts pour tirer leurs conclusions, puisqu'en général ces systèmes sont considérés comme des systèmes conseillers. En général, les utilisateurs de systèmes experts ne se fient aux conseils d'un système expert que s'ils connaissent le raisonnement utilisé pour produire ces conseils. Si les modules d'explication sont bien conçus, les systèmes experts pourront devenir des outils de raisonnement très efficaces pour les processus de prise de décision.

Bien souvent, les fonctions d'explication des noyaux de système expert se limitent à l'énumération des règles qui ont été utilisées. On a conclu qu'il est fort profitable de donner à l'utilisateur des explications qui vont plus loin que de simplement couvrir les trajets de raisonnement suivis et identifient aussi les trajets non retenus et les options d'exploration. Il est important de préciser pourquoi certains faits ont été critiques pour la prise de décision, de manière à identifier les compromis qui pourraient permettre d'ouvrir de nouvelles avenues de raisonnement. Qui plus est, l'existence d'un module d'explication contribue considérablement au développement d'un système expert puisqu'il identifie les éléments manquants ou erronés.

On a étudié la nécessité fonctionnelle d'un module d'explication, ainsi que le développement des mécanismes : l'implantation du module est en cours.

Le noyau de traitement des connaissances est développée en Common LISP sur un poste de travail MV8000 de Data General et sur un poste Sun 3/75.

Conseiller intelligent

■ J.W. BRAHAN – B. FARLEY – A. PARENT – R.A. ORCHARD – C.S. PHAN

Le projet Advisor vise le développement d'un conseiller intelligent d'usage général ainsi que la démonstration de la faisabilité de ce système, par son application à une méthodologie de conception de bases de données. Aux fins de la démonstration, on a retenu M*, la méthodologie de conception de bases de données développée dans le cadre du projet de système d'informations techniques de la Section. Toutefois, il est à noter que la méthodologie M* n'est que le sujet de démonstration dans le projet Advisor et que ce projet porte surtout sur le développement d'un système conseiller générique d'application très générale. Le projet vise le développement d'un système pouvant :

1. être utilisé à titre de module d'enseignement intelligent pour contrôler un échange produit par rapport à une base de connaissances et à une base de données externes;

2. suivre l'interaction de l'utilisateur avec un système à base de connaissances et pouvant donner, au besoin, des conseils fondés sur les spécifications d'exploitation du système;
3. fournir de l'aide en ligne, en mode d'attente, en réponse aux demandes introduites par l'utilisateur.

Pendant la période couverte par le présent rapport, les travaux de ce projet ont été surtout concentrés sur le développement du plan de projet. Le projet est réalisé en collaboration avec divers centres de recherches, au Canada et ailleurs. En plus du CNRC, les participants canadiens sont l'Université Laval et Price Waterhouse; de plus, l'Universite de Leeds au Royaume-Uni et l'Université de Turin en Italie participent aussi au projet.

Les travaux préliminaires ont débuté en janvier et portent sur le développement d'un base de règles qui définisse la première phase de la méthodologie M*. On prévoit à l'heure actuelle que le plan du projet sera accepté en mai, auquel moment le projet sera officiellement lancé.

■ NATAL

Implantation de NATAL

■ J.W. Brahan – B. Farley – W.H. Henneker – R.A. Orchard – C.S. Phan

L'implantation de microNATAL a été complétée à la fin d'octobre 1986; nous avons porté une attention plus particulière à la version pour IBM PC (et les compatibles). Toutes les modifications apportées à la norme NATAL au cours des deux dernières années ont été incorporées à la version finale. Certains travaux, qui dépassaient l'envergure des projets établis l'an dernier, ont visé la compatibilité avec les possibilités graphiques de la carte graphique professionnelle d'IBM et de l'adaptateur graphique étendu d'IBM (EGA). La compatibilité avec la carte EGA a été réalisée au moyen d'une trousse d'outils logiciels graphiques fournie par Graphics Software Systems (GSS), qui permet l'implantation de la norme graphique appelée interface graphique informatique (CGI), qui est en constante évolution. En fait, cette norme est compatible avec plusieurs cartes graphiques, ainsi qu'avec divers périphériques d'entrée, traceuses, etc. La version finale de microNATAL a été livrée à Softwords (voir le vol. 2 nº 6 du *Bulletin de la Division de génie électrique*). Les futurs travaux sur NATAL se limiteront à un rôle de consultant pour le traitement des questions et des problèmes à venir.

Norme NATAL

■ R.A. Orchard

Comme nous l'avions prévu l'an dernier, l'ébauche finale de la norme NATAL a été terminée en octobre 1986. Ce document a été envoyé aux organismes intéressés afin d'obtenir leur commentaires et suggestions sur la forme finale de la norme. Softwords a mis à jour sa propre version de NATAL en conformité de cette norme et comme le signale un autre article du présent *Bulletin*, la version de microNATAL livrée à Softwords dans le cadre d'un contrat de licence est conforme à la norme.

On a complété pendant l'été 1986 la mise au point d'une série de programmes de validation pour aider à la validation des applications en conformité de la norme. Ces programmes ont été livrés à Softwords et faciliteront le déroulement des essais.

Collaboration avec le ministère de la Défense nationale

■ R.A. Orchard – C.S. Phan – R. Sheval – R.V. Born

Comme nous l'avions mentionné dans la dernière livraison du *Bulletin* (vol. 2, nº 6), quatre postes de travail d'EAO pour étudiants étaient en cours de préparation pour évaluation par le Quartier général des Systèmes de formation des Forces canadiennes. Les didacticiels existants ont été adaptés à ces postes de travail. Deux des postes prévus sont terminés. Ils ont été configurés au moyen de compatibles IBM PC et de

divers périphériques, y compris des lecteurs de vidéodisques, des tablettes graphiques et des manches de commande. Il a été impossible de terminer les deux autres postes de travail parce qu'un de nos fournisseurs n'a pu livrer le matériel promis avant la fin de l'année financière. Le matériel a été installé à la fin d'avril 1986 à la BFC de Trenton aux fins de l'évaluation. Les données recueillies ont permis au MDN d'apporter une contribution importante à une section du rapport final sur l'EAO du projet de recherche et développement en enseignement assisté par ordinateur; ce rapport contient des recommandations en ce qui a trait aux exigences relatives aux postes de travail d'EAO pour le MDN.

■ Systèmes d'informations techniques

■ F.B. VERNADAT – A. FAMILI – W.H. HENNEKER – K.P. LAM – R.H. WYLIE

Introduction

Le projet des systèmes d'informations techniques vise la définition des outils, des procédés, des architectures et des méthodologies, en vue de la réalisation de systèmes d'informations de pointe pour le traitement des informations et le soutien des prises de décision dans les systèmes de production industriels.

Un système d'informations techniques (SIT) peut être décrit comme un environnement informatique comprenant : les fonctions d'un système de base de données (SBD) pour la manipulation et la gestion de données; les fonctions d'un système à base de connaissances (SBC) pour la représentation, la gestion et l'inférence des connaissances; les fonctions d'un système d'aide à la décision (SAD) pour le soutien des opérations de décision au moyen des modèles pertinents (modèles mathématiques ou heuristiques); et les données, connaissances et procédures pertinentes à certains domaines d'application techniques. Le développement d'un SIT nécessite l'existence d'un système d'informations perfectionné (SIP) qui assure les fonctions des systèmes de gestion de bases de données disponibles à l'heure actuelle.

Un système d'informations perfectionné peut être décrit comme un environnement logiciel intégré comprenant : un système de gestion des bases de données (SGBD) pour la gestion des données; un système de gestion des bases de connaissances (SGBC) pour la gestion des connaissances, le raisonnement déductif et l'inférence; un système de gestion des modèles (SGM) pour la gestion des modèles et l'aide à la décision; et les logiciels, le matériel et les installations de télématique.

Le développement d'un SIP pour les applications de SIT nécessitent l'implantation des fonctions des SGBD, des SGBC et des SGM décrites dans les paragraphes suivants.

Les fonctions des SGBD sont la mémorisation, l'extraction, et la gestion des données (LDD, LMD, QL, dictionnaire de données); la manipulation de faits à titre de tuples relationnels; la manipulation de données et de relations complexes (images, texte, graphiques, signaux); la manipulation de versions des objets; la possibilité de réalisation de longues transactions; la possibilité d'utilisation commune des objets sans diminution de l'intégrité.

Les fonctions des SGBC sont la mémorisation, l'extraction et la gestion des connaissances (LDC, LMC, fonctions d'inférence); la manipulation de règles de production, schèmes, de réseaux sémantiques, etc; la possibilité de partage des connaissances; la possibilité d'accès à diverses bases de connaissances conjointes; l'inférence; et les procédures d'optimisation des bases de connaissances et les calculs de priorité des règles.

Les fonctions des SGM sont la mémorisation, l'extraction et la gestion des modèles (LDM, LMM, déclenchement des modèles); la manipulation d'une gamme variée de modèles (représentation de modèles); la possibilité de vérification des modèles (maintenance de modèles); l'indication du champ d'application et de la validité des modèles; le partage des modèles; faciliter la synthèse des nouveaux modèles.

Le développement des SIT nécessite aussi la conception de diverses méthodologies et d'outils informatiques pour l'utilisation et l'implantation efficaces des applications du monde réel dans les environnements de production.

Réalisations actuelles

1. DBS/R : un environnement de développement de bases de données pour la création de gestionnaires de données de mémoire centrale de tuples relationnels. Le système se compose d'un langage générique de définition des données (LDD), d'une série de primitives de manipulation des données (LMD), d'un compilateur LDD qui crée automatiquement le gestionnaire de données d'après la description spécifique de la base de données, avec ses propres primitives de manipulation de données, et d'un générateur éditeur de données qui crée automatiquement une application d'édition de données pour les manipulations interactives des données dans une base de données particulière. Nous avons complètement refondu les documents décrivant la version Pascal de DBS/R sur le VAX de DEC et sur le MV8000 de DG. La traduction en langage C de l'ensemble du progiciel (version DG) a été entreprise sous contrat par la société DMR Group Inc. d'Ottawa. On prévoit la publication en 1987 d'un rapport sur DBS/R.
2. Manipulation d'images, de texte, de signaux et d'objets graphiques avec DBS/R : des bases de données DBS/R ont été créées pour la manipulation de ce type de données. Les bases de données ont fait l'objet d'une démonstration en avril 1986. Des rapports sont en cours de rédaction sur ces travaux.
3. Gestionnaire perfectionné de l'intégrité des données : on implante présentement sur DBS/R un module perfectionné de gestion de l'intégrité des données. La version originale offrait déjà ces possibilités internes. On travaille présentement à l'expansion de ces possibilités grâce à un module externe rattaché au SGBD; l'accès par les utilisateurs de DBS/R s'effectue avec plus de souplesse du point de vue de la gestion des contraintes d'intégrité. Un rapport préliminaire (ERB-988) a été publié; il décrit les extensions DBS/R à implanter.
4. La méthodologie M* de conception de bases de données : il s'agit d'une méthodologie de conception de bases de données complète, manuelle et pragmatique pour la production et le développement de bases de données en FIO qui a été conçue par des membres de la Section, en collaboration avec A. DiLeva de l'Université de Turin en Italie et avec D. Bizier de Daniel Bizier Enregistrée de Gatineau (Québec). Cette méthodologie a été adaptée aux bases de données DBS/R. La méthodologie, appelée M*, est disponible sous forme d'un rapport (ERB-1000) et a fait l'objet de plusieurs articles.
5. Un système superviseur basé sur les schèmes, avec possibilité d'apprentissage a été implanté et a permis d'améliorer la performance d'un contrôleur auto-correcteur. La simulation quantitative d'un robot manipulateur 9R a donné des résultats préliminaires en vue de la construction d'un système de commande expert pour les applications en redondance.
6. On a entrepris des études initiales sur l'application des méthodes d'apprentissage des machines aux systèmes d'informations techniques. On a constaté que parmi les procédés qui pourraient être fort utiles pour le développement d'architectures de construction de systèmes perfectionnés de traitement pour les environnements de fabrication intelligents, on compte les méthodes du type apprentissage par expérience ou apprentissage par auto-surveillance.

Conclusion

La figure 1 résume le projet de SIT. Les principaux objectifs à court terme sont décrits dans les sous-sections suivantes.

Développement de l'apprentissage des machines

■ A. FAMILI

Après la première étude sur l'application des procédés d'apprentissage des machines aux systèmes d'informations techniques, nous entreprendrons les activités suivantes :

1. identification des secteurs d'application de l'apprentissage des machines aux systèmes de fabrication intelligents dans lesquels on prévoit l'utilisation d'un système d'informations techniques;

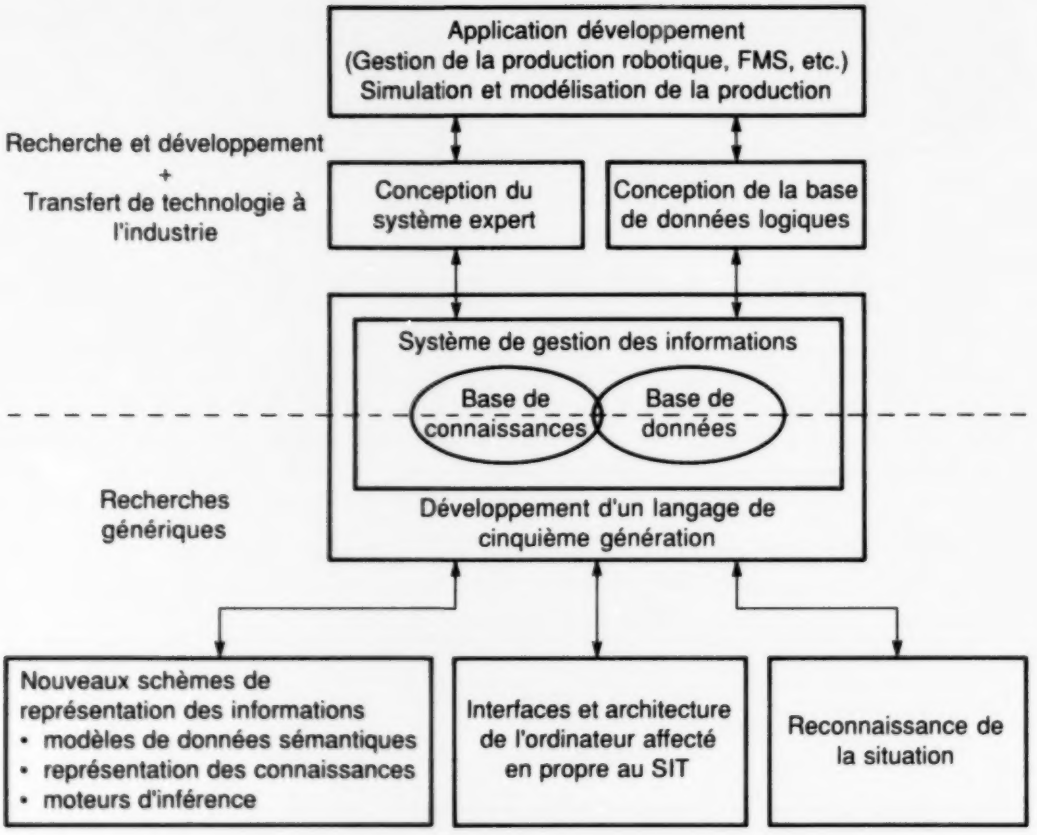


Figure 1 Projet de système d'informations techniques.

2. identification des fonctions de prise de décision et des tâches pertinentes à une grande ou une moyenne entreprise dans laquelle l'apprentissage des machines pourrait contribuer à l'implantation d'un système d'informations techniques;
3. développement d'un exemple d'application de l'apprentissage des machines dans l'entreprise décrite ci-dessus de manière à utiliser DBS/R pour la mémorisation et l'extraction des données.

Développement d'un gestionnaire de modèles ■ R.H. WYLIE

Les paragraphes suivants décrivent brièvement les études que nous entreprendrons en matière de conception et d'implantation d'un système de gestion de modèles (SGM) pour le système d'informations techniques :

1. sélection d'un formalisme de représentation des modèles : conception et réalisation d'une série de tests visant l'évaluation du potentiel des divers formalismes de gestion de modèles décrits dans la littérature. Ces travaux exigeront une analyse préliminaire des exigences fonctionnelles imposées aux SGM par les environnements de systèmes d'informations techniques.
2. conditions de gestion de modèles relatives aux systèmes d'informations techniques : développement d'exigences fonctionnelles et de spécifications de conception pour un SGM qui sera intégré aux

systèmes de gestion des bases de données et des bases de connaissances dans le noyau du système d'informations techniques.

Développement de DBS/R ■ F.B. VERNADAT – R.H. WYLIE – W.H. HENNEKER

L'aide technique au projet de DBS/R se poursuivra par l'entremise de travaux de soutien à l'intention des utilisateurs (Centre de technologie en production industrielle de la Division de génie mécanique, École polytechnique de Montréal).

Développement de bases de données expertes ■ F.B. VERNADAT – W.H. HENNEKER

Un système de base de données expertes permet la mémorisation de données et de connaissances. Il compte une fonction d'interrogation évoluée qui ne se limite pas à l'extraction des données et permet aussi la manipulation des données au moyen de schèmes et de règles de production. De plus, un système de base de données expertes aide l'utilisateur pour la modélisation logique des données. Parmi les activités associées à ce projet, on compte :

1. développement d'exigences fonctionnelles pour un système basé sur des règles permettant d'effectuer des inférences à partir de données structurées en relations. Il pourrait être possible de produire un prototype écrit en LISP, dans lequel les règles de production réaliseraient les inférences à partir de tableaux de données. Ce projet doit contribuer au développement de certaines fonctions d'un langage de base de données expertes.
2. définition des exigences d'une base de connaissances en CAO/FAO/FIO : un membre de notre équipe de projet séjourne présentement à l'Université de Grenoble dans le cadre d'un échange scientifique; il discutera de ce sujet avec les experts du domaine en France et rédigera un rapport sommaire en juin 1987.
3. représentation des connaissances en structures relationnelles : ce projet se poursuivra par la représentation et la manipulation de règles de production, de schèmes et de réseaux sémantiques en fonction des structures relationnelles et de l'implantation d'algorithmes d'inférence appliqués à ces structures. Un résumé des travaux sera rédigé à la fin du séjour en France de notre collègue (octobre 1987).
4. conception de l'architecture d'un gestionnaire perfectionné des données et des connaissances avec fonctions d'inférence et fonctions de gestion relationnelle. On prévoit la rédaction d'une première version du rapport en décembre 1987.

Base de données de micro-ordinateur pour applications polyvalentes en fabrication ■ F.B. VERNADAT – R.H. WYLIE

L'utilisation des bases de données en temps réel dans les environnements de fabrication automatisée impose des contraintes très exigeantes aux méthodologies servant à la conception et à l'implantation de ces bases de données et aux techniques de bases de données utilisées. Ce projet a permis d'appliquer à un problème réel le savoir-faire et le logiciel développé par notre Section, d'évaluer leur performance, de les perfectionner le cas échéant et de participer à un projet entrepris par le Centre de technologie en production industrielle (CTPI) de la Divison de génie mécanique.

Le projet a commencé par l'utilisation du savoir-faire développé dans la Section en matière de conception des bases de données, de manière à aider le groupe du CTPI pour le développement d'un schème de base de données correspondant aux besoins de leur cellule de travail en fabrication. On a créé à cette fin un comité sur la conception de bases de données, dont les membres proviennent du CTPI et de la Section de recherches en informatique (SRI); les réunions du comité ont permis de rédiger une proposition décrivant les conditions

relatives aux données et le schème de données à partir d'un sous-ensemble de méthodes tiré de la méthodologie développée dans le cadre du projet DATAID réalisé en Italie, du savoir-faire de notre groupe de la SRI en ce qui a trait aux conditions relatives aux bases de données de fabrication, et du savoir-faire de l'équipe du CTPI en matière des procédés automatisés de fabrication (ces propositions ont été améliorées par la suite et forment maintenant la méthodologie M*).

La deuxième étape des travaux consistait en l'adaptation du système de gestion de bases de données DBS/R, de manière à en assurer la compatibilité avec un micro-ordinateur VAX et avec les normes de logiciel du projet du CTPI. Ces modifications ont nécessité la réalisation de deux tâches d'envergure. Il a fallu en premier lieu modifier le compilateur de bases de données afin de produire un code de source en langage C plutôt qu'en Pascal. Puisqu'il est généralement admis que C est un langage plus approprié pour les applications en temps réel et de nature industrielle, les avantages découlant de cette conversion ne se limitent pas à notre projet. Nous n'avons pas encore décidé de l'opportunité de la conversion en C du compilateur lui-même puisque cet aspect nous semble dépasser le cadre de notre projet. L'autre tâches majeure fut la modification de l'interface entre la base de données et les processus associés puisque dans la cellule de travail, les communications interprocédés en environnement contrôlé sont asynchrones.

Le projet a été terminé en mars 1987 et une version exploitable du SGBD a été produite. Le projet a aussi contribué au développement de la méthodologie de conception de bases de données M*.

Développement d'un gestionnaire d'intégrité perfectionné pour DBS/R

■ A. FAMILI

Les bases de données de fabrication contiennent généralement tous les types d'informations relatives aux objets ou aux entités et relations qui existent entre les entités. La plupart des développeurs de ces bases de données ont réalisé que le problème majeur lié à l'utilisation de toute base de données est l'intégrité des informations introduites. Bien sûr, ce problème est plus crucial dans les bases de données de fabrication qui servent à de nombreuses applications et dans lesquelles les concepteurs, les gestionnaires, les opérateurs du système, etc. peuvent accéder à une base de données commune. Notre projet vise la réalisation de mécanismes efficaces d'intégrité des données pour le système de base de données DBS/R, une base de données relationnelles développée pour les environnements de fabrication.

Les études préliminaires sur le problème de l'intégrité des données dans les bases de données de CAO/FAO et sur le développement d'un gestionnaire d'intégrité ont débuté en 1985. Pendant cette période, nous avons réalisé les travaux préliminaires et avons recueilli la plupart des informations nécessaires au développement et à l'implantation d'un gestionnaire d'intégrité. L'an dernier, nous avons choisi un exemple de cas de fabrication à partir des informations disponibles sur une usine de fabrication d'automobiles en Angleterre. L'envergure du modèle de cet exemple a été réduite et le modèle a servi aux tests de diverses approches d'implantation d'un gestionnaire d'intégrité.

Les trois approches ont été essayées.

1. l'approche par les bases de données : pour chaque SGBD produit par le compilateur LDD, un fichier de base de données serait produit et comporterait une section d'intégrité. Dans cette approche, nous avons ajouté à la section d'intégrité de la base de données au moins une des règles développées pour chaque attribut de chaque relation. Des groupes de règles ont été intégrés au gestionnaire d'intégrité responsable de l'acceptation ou du refus des données.
2. l'approche par le programme d'application : on écrit présentement en Pascal les programmes d'application de DBS/R et les primitives en LMD (langage de manipulation des données) sont utilisées à cette fin. Nous avons développé dans cette approche diverses classes de règles d'intégrité, qui peuvent faire partie des programmes d'application ou être mémorisées dans un fichier distinct que pourront

appeler les divers programmes d'application. Ces règles serviront de moniteur d'intégrité de base de données après leur appel et l'établissement des caractéristiques désirées des données.

3. extension du LMD : cette approche, qui fait présentement l'objet de travaux de développement et d'essais, est fondée sur certaines primitives en LMD qui offrent le plus de souplesse pour l'implantation de règles d'intégrité. On a développé des primitives comme, par exemple, INVOKE et ASSERT ainsi qu'un gestionnaire d'intégrité formé de nombreuses règles et qui assure la vérification d'intégrité des données; ces primitives serviront, avec d'autres primitives de manipulation des données, à la rédaction de programmes d'application et au contrôle simultané des opérations.

MÉMOIRES RÉCENTS — INFORMATIQUE

Publiés

- ☐ Brahan, J.W., Farley, B., et Orchard, R.A. A set of tools for courseware development. Traduction publiée, «Serie di strumenti per lo sviluppo del courseware (software didattico)», ATTI del Convegno Internazionale ANTEM, 30/31 Gennaio, 151–155; 1985.
- ☐ Brouard, J., Brahan, J.W., Parent, A., et Bégin, Y. La formation assistée par ordinateur en milieu de travail: évaluation d'une application. Compte rendu de la Cinquième Colloque Canadien de Technologie Pédagogique, Ottawa (Ont.). 5–7 mai 1986. pp. 419–423. CNRC 25580.
- ☐ Bumbaca, F. An experimental intelligent computer-based coach for teaching logic. Compte rendu de la Cinquième Colloque Canadien de Technologie Pédagogique, Ottawa (Ont.). 5–7 mai 1986. pp. 144–150. CNRC 25579.
- ☐ Carbery, M.G., Hlady, A.M., Kee, L., et Wilson, T. Telidon/NATAL in a museum volunteer training program. Compte rendu de la Cinquième Colloque Canadien de Technologie Pédagogique, Ottawa (Ont.). 5–7 mai 1986. pp. 172–178. CNRC 26011.
- ☐ Di Leva, A., Vernadat, F., et Bizier, D. M*: A methodology for information system analysis and database design in production environments. CNRC/ERB-1000, décembre 1986. 99 pages. CNRC 26204.
- ☐ Famili, A. An integrated software architecture for automated manufacturing workcells. Proceedings of Robots 10 Conference, Chicago (IL). 20–24 avril 1986. pp. 3–1 à 3–14. CNRC 25131.
- ☐ Famili, A., et Vernadat, F. Integrity constraints of manufacturing databases. Eng. Comput. 2(1): 41–52; 1987. CNRC 25583.
- ☐ Famili, A., et Vernadat, F. Integrity constraints of manufacturing databases and their processing. CNRC/ERB-988, février 1986. 60 pages. CNRC 25660.
- ☐ Farley, B. NATAL Graphics Editor. User guide. CNRC/ERB-989, janvier 1986. 77 pages. CNRC 25658.
- ☐ Farley, B. Éditeur graphique NATAL. Guide de l'utilisateur. CNRC/ERB-989, janvier 1986. 81 pages. CNRC 25657.
- ☐ Lam, K.P. Self motion of a 9R redundant robot. Proceedings of the 14th IASTED International Conference of Applied Simulation and Modelling (ASM '86), Vancouver (C.-B.). 4–6 juin 1986. pp. 373–377. CNRC 25470.
- ☐ Moran, S., et Vernadat, F. Implantation d'un Moteus d'inférence en en utilisant le système de base de données INGRES. Université du Québec à Hull, Hull (Qué.). 1986.
- ☐ Vernadat, F. Critical factors for complete CAD/CAM and CIM integration. Proceedings of the 5th Canadian Conference on Industrial Computer Systems (CICS '86), Montréal (Qué.). 28–30 mai 1986. pp. 70.1 – 70.7. CNRC 25513.
- ☐ Vernadat, F. Appropriate methodology for implementing CIM databases. Proceedings of the 5th Canadian CAD/CAM and Robotics Conference, Toronto (Ont.). 17–19 juin 1986. pp. 723–726. CNRC 25540.
- ☐ Vernadat, F. Designing logical schemata for manufacturing databases. Proceedings of the 5th Canadian CAD/CAM and Robotics Conference, Toronto (Ont.). 17–19 juin 1986. pp. 726–729. CNRC 25541.

- ☐ VERNADAT, F., GUINDON, D., GUINET, M., ET MALLET, J. Le logiciel EMDB. Niveau Interne et Gestionnaire de Base de Connaissances. Document de travail nº 4, Département d'informatique, Université du Québec à Hull, Hull (Qué.). Décembre 1986. 42 pages.

Présentés

- ☐ BRAHAN, J.W. L'informatique et l'apprentissage. Deuxième conférence franco-ontarienne: L'ordinateur en education, Sudbury, (Ont.). 13–15 novembre 1986.
- ☐ VERNADAT, F. Le stockage de signaux, d'images et de texte dans une base de données relationnelle. 54e Congrès de l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Montréal (Qué.). 12–16 mai 1986.
- ☐ VERNADAT, F. Knowledge representation and expert systems with relational DBMSs. ICAM Technologies Inc., Montréal (Qué.). 18–19 août 1986.
- ☐ VERNADAT, F. A simple expert system shell implemented with database technology. Seminar, University of Turin, Italie. 25 Mars 1987.

PHOTONIQUE ET CAPTEURS

Chef de section — J. Domey

■ Introduction

L'objectif des travaux de la Section photonique et capteurs est la recherche de nouveaux principes de mesure et la mise au point de systèmes de capteurs combinant les techniques optiques, électroniques et informatiques. L'automatisation industrielle est le but premier de nos activités, mais les techniques génériques développées ont trouvé des applications dans plusieurs domaines dont, par exemple, des capteurs pour l'aviation, la mesure d'hélice de bateaux, l'inspection de circuits imprimés.

Durant la dernière année, nous avons entre autres démontré la faisabilité de la reproduction d'objets tridimensionnels (3-D), évalué un grand nombre d'applications du capteur 3-D à balayage synchronisé et mis en marche des projets de développement d'applications des plus prometteurs, réalisé une démonstration opérant en temps réel d'un nouveau capteur 3-D nommé BIRIS, réalisé un contrôleur de galvanomètre de haute précision, démontré un capteur de champ électrique ultra rapide et terminé les travaux sur le capteur d'indice de réfraction de liquide utilisant une technique à fibre optique.

Durant la prochaine année, nous prévoyons continuer le développement de techniques et d'application des capteurs 3-D, en coopération avec l'industrie, de même que des techniques de segmentation et de reconnaissance à partir de données 3-D. Plus d'efforts seront aussi consacrés au développement des techniques de l'optique guidée et l'étude de la commutation non linéaire dans le but de réaliser de nouveaux capteurs et des unités de traitement optique de signaux et d'images. Le transfert de technologie et l'assistance à l'industrie constitue une part importante de nos activités.

■ Vision tridimensionnelle

Capteurs de vision tridimensionnelle

Système à triangulation laser par balayage synchronisé ■ M. Rioux – L. Cournoyer – F. Blais

En collaboration avec la Section d'automatique, nous avons débuté l'expérimentation d'un prototype compact à grande profondeur de champ (10 cm à 1 m). Celui-ci est monté sur un robot PUMA 560 et permet l'acquisition des données servant à la commande du robot pour des tâches de prise d'objets. La figure 1 nous montre le prototype en opération. La caméra utilise le principe du balayage synchronisé (1). Le mouvement transverse est effectué grâce au déplacement du robot lui-même. La figure 2 nous montre des images obtenus pour différentes distances d'observation. Les photographies de gauche nous montrent les images de distance encodées en niveaux de gris alors qu'à droite nous avons une représentation graphique (isométrique) des mêmes images. Du côté des nouveaux développements, nous complétons présentement l'assemblage d'une nouvelle caméra 3-D possédant des caractéristiques désirables dans un environnement expérimental. Nous aurons ainsi la possibilité de changer rapidement les paramètres d'utilisation de la caméra sans nécessiter de recalibration. Cette flexibilité nous permettra d'accélérer l'expérimentation de façon importante.

Nous continuons aussi les travaux de transfert de technologie des capteurs de vision à balayage synchronisé avec deux compagnies. L'une d'elle, Servo-Robot, a maintenant une version industrielle du capteur de vision conçu pour le soudage à l'arc. Nous leur transférons aussi la technologie du capteur à grande profondeur de champ pour lequel nous voyons un marché important dans le domaine de la commande de robots. L'autre compagnie, HYMARC Engineering Limited, a complété le système de mesure d'hélices de bateau et finalise les logiciels nécessaires pour effectuer la reproduction d'objets à partir de données obtenues du capteur de vision 3-D. Elle a aussi entrepris conjointement avec nous le développement du capteur 3-D pour

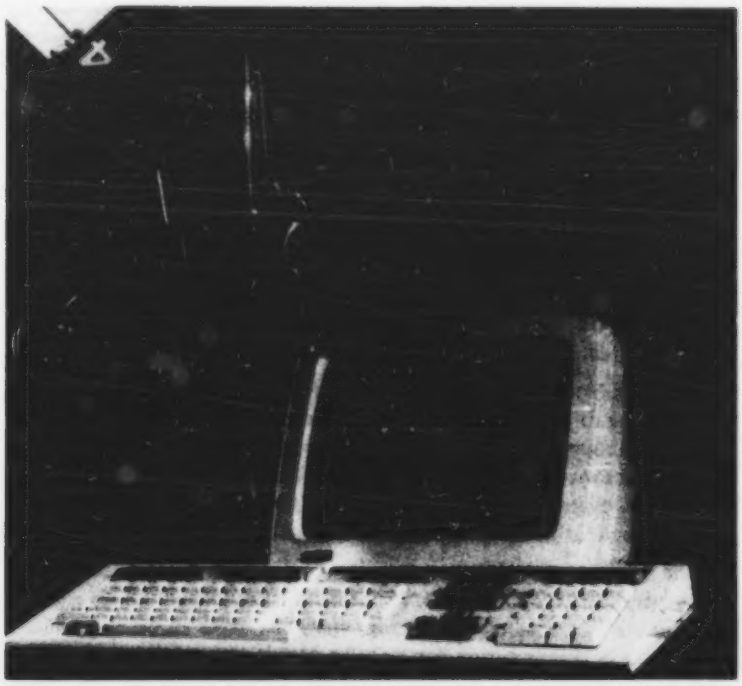


Figure 1 Système compact de prises de données 3-D en opération. Le robot est un PUMA 560.

l'inspection de circuits imprimés avec composantes montées en surface. Ceci requiert un système très rapide, à plage dynamique (en intensité) élevée, et à haute résolution latérale, ce qui a conduit aux recherches sur les détecteurs décrites plus loin.

Référence

1. Rioux, M. Laser range finder based on synchronized scanners. Appl. Opt. 23(21): 3837–3844; 1984.

Amélioration de la fonction de détection de position de capteurs tridimensionnels

■ J.-A. Beraldin – F. Blais – R. Misner – A.G. Dufour

Le détecteur de position uniaxial est un des principaux éléments du capteur de vision tridimensionnelle à balayage synchronisé. Il modifie directement la vitesse, l'exactitude et le type de surface mesurable par l'appareil. Nous avons entrepris une étude approfondie des options de rechange en vue de l'amélioration de ces performances; nos études portent sur le détecteur optique et sur les circuits électroniques d'entrée. Nos travaux se divisent en deux phases. La première vise à mieux comprendre les facteurs qui limitent la performance du processus de mesure, afin d'améliorer les détecteurs de position actuels et leurs circuits électroniques associés. La seconde phase vise l'identification de nouvelles méthodes de mesure et de procédés de fabrication des détecteurs qui nous permettront de satisfaire aux conditions sans cesse plus exigeantes en matière de vitesse et d'exactitude.

Dans la première phase, nous avons tout d'abord entrepris une étude exhaustive des caractéristiques fondamentales des détecteurs à semiconducteurs. On a traité en détail des paramètres décrivant la conversion de la lumière en courant, dans le contexte du processus de mesure global. Ces résultats ont ensuite été utilisés

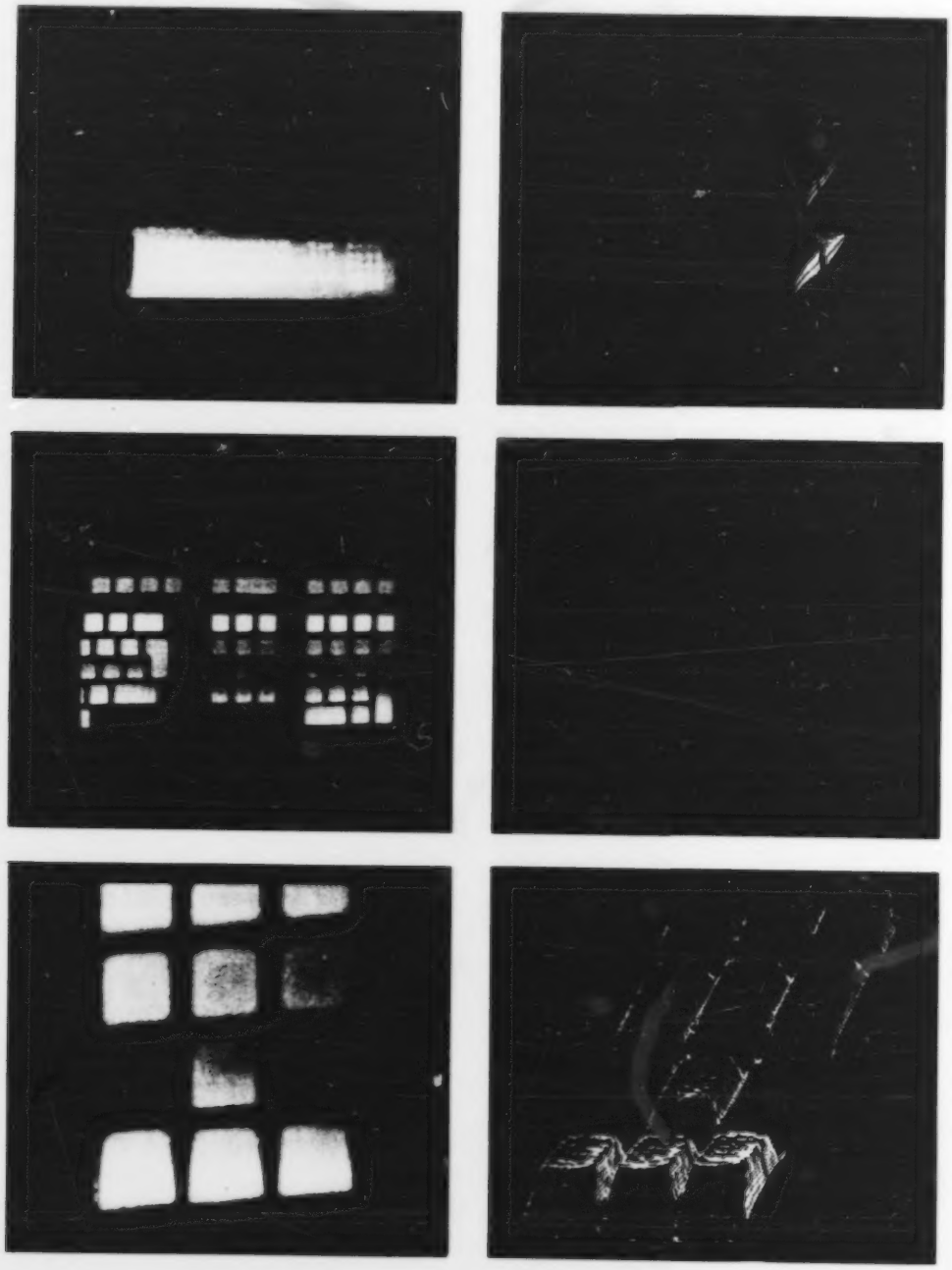


Figure 2 Images 3-D de la scène montrées à la figure 1. En haut, la caméra est situé à 1 m de distance. Au milieu, nous avons une lecture effectuée à 25 cm, et en bas une lecture à 10 cm.

pour améliorer les circuits électroniques associés aux détecteurs de position utilisés à l'heure actuelle, c'est-à-dire les photodiodes à effet latéral. Nous avons implanté et testé des amplificateurs d'entrée faible bruit qui nous permettront d'accroître le taux d'échantillonnage par un facteur d'au moins 10 par rapport à nos systèmes actuels, sans réduction de l'exactitude.

Nous avons entrepris des travaux sur un type nouveau de dispositif de calcul avec un taux d'acquisition des données de 10 MHz pour les mesures de distance et d'intensité. Nous prévoyons que la combinaison de notre unité d'entrée faible bruit avec ce dispositif de calcul nous donnera la vitesse de mesure visée ainsi qu'une plage dynamique de 1000/1, tout en réduisant les coûts d'un facteur 10 par rapport aux systèmes précédents. Nos partenaires industriels nous ont fait savoir qu'ils seraient très intéressés par un système de ce type. Nous prévoyons procéder au transfert de cette technologie tout de suite après la réception et les essais du détecteur de position fabriqués selon nos spécifications.

Nous envisageons trois approches pour la seconde phase :

1. des détecteurs fabriqués selon nos spécifications, et en fonction des technologies silicium existant sur le marché. Nous avons entrepris les démarches nécessaires pour l'achat d'un détecteur de position fabriqué spécialement pour nous. L'association de ce détecteur aux circuits électroniques décrits plus haut permettra la construction d'un capteur tridimensionnel fonctionnant aux fréquences vidéos, à un prix concurrentiel.
2. des détecteurs fabriqués sur spécifications et fondés sur des procédés brevetés. Le dépouillement de la littérature dans le domaine a permis d'identifier l'existence d'une nouvelle technologie silicium. Nous avons conclu que la combinaison de cette technologie avec nos algorithmes de mesure de distance appliquée aux réseaux linéaires de photodiodes permettra d'obtenir une plage dynamique de plus de 6 décades, avec exactitude typique de 1/64 pixel.
3. de nouvelles notions en matière de la configuration et des dimensions de l'élément détecteur, ainsi que des algorithmes de calcul pour les mesures de distance. On étudie présentement de nouvelles architectures du détecteur de position. Ces nouveaux détecteurs de position seront nécessaires pour les travaux en fréquence vidéo et en conditions difficiles. Les connaissances acquises pendant le travail antérieur seront certainement fort utiles pour ces recherches.

Commande de grande précision du balayage galvanométrique ■ F. BLAIS – L. COURNOYER

Nos capteurs de vision tridimensionnelles à balayage synchronisé comportent présentement deux dispositifs de balayage : des miroirs tournants multifacettes (pyramidaux) et des miroirs plans à entraînement galvanométrique. Les dispositifs galvanométriques comportent les avantages suivants : une masse totale plus faible, un accès aléatoire et un angle de balayage réglable électriquement. Leur linéarité et leur exactitude sont toutefois inférieures à celles des miroirs tournants. Puisque la rapidité est souvent une caractéristique non essentielle, on pourrait avoir recours aux miroirs plans s'il était possible de les commander avec plus de précision. Il en résulterait une méthode simple, compacte et efficace pour la réalisation de systèmes de déviation de grande précision. Ces dispositifs incorporent déjà des capteurs de position pour mesurer directement l'angle de balayage, ce qui permet d'améliorer la rapidité du dispositif par une rétroaction appropriée. Toutefois, même si la résolution obtenue est excellente, l'exactitude absolue est limitée par la non-linéarité du capteur de position et par les dérives de température. Qui plus est, un retard de groupe non constant introduit une distorsion dans la réponse à une excitation non sinusoïdale.

Dans le contrôleur de grande précision que nous avons développé, deux phototransistors de synchronisation servent à la compensation des erreurs dues au gain, à la dérive par rapport à zéro ou à une erreur d'alignement quelconque. Ils servent aussi à la compensation du retard entre l'excitation et la réponse. Bien que le détecteur de position puisse servir à compenser les distorsions introduites par le retard de groupe non constant, les phototransistors constituent une méthode simple et efficace de réglage du balayage du galvanomètre.

On a implanté ce dispositif dans un microcontrôleur peu coûteux fondé sur le TMS32010; la précision obtenue dans un système auto-adaptatif se situait entre 10^{-4} et 10^{-5}.

BIRIS

■ F. Blais – M. Rioux – L. Cournoyer – A.G. Dufour – P. Gariépy

Le premier prototype de la caméra BIRIS est opérationel et permet de mesurer de huit à dix profils de 256 points à taux vidéo (temps réel).

Le principe de base de la tête optique est représenté à la figure 3. Constitué uniquement d'un masque avec deux ouvertures inséré à la place du diaphragme de la lentille d'une caméra conventionnelle de type CCD, on obtient une caméra très compacte, simple et surtout très robuste, conditions importantes pour les applications de robotique où la caméra est montée sur le bras du robot et donc soumise à un stress important.

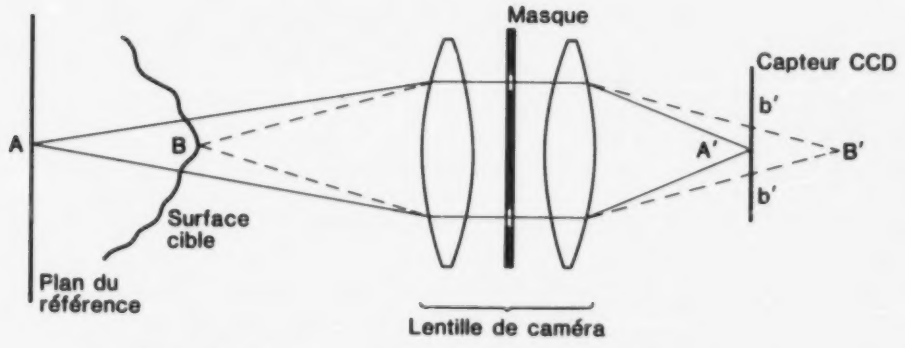


Figure 3 Principe de base permettant l'encodage 3-D à l'aide d'un masque.

Comme il est représenté à la figure 3, la mesure tridimensionnelle du point B de la surface de l'objet est directement relié à la mesure des points b′ sur le détecteur photo-sensible. La séparation entre ces deux points b′ est fonction de la hauteur de l'objet ou coordonnée z, tandis que leur centre géométrique nous donne les coordonnées x et y. En projetant un réseau de lignes parallèles sur l'objet, jusqu'à 10 profils peuvent être mesurés simultanément, à taux vidéo. Le projecteur utilisé génère ce réseau de multi-lignes, basé sur l'utilisation d'une fibre optique et d'un réseau de diffraction constitué de micro-fibres.

Le processeur d'image permet de traiter l'image provenant de la caméra CCD, de mesurer la position des points b′ à une fraction de pixel (ou élément du détecteur), d'associer les points et d'éliminer les fausses détections, de calculer les pseudo-coordonnées x, y et z (séparation entre les points et centre géométrique) et de transférer ces coordonnées en mémoire image.

Le superviseur gère l'ensemble du processus, notamment le transfert des données à l'ordinateur central par lien parallèle rapide, l'affichage graphique des résultats et optionnellement le contrôle de l'intensité du laser et d'un système de déflection permettant la mesure d'un objet complet de 256 × 256 points en moins d'une seconde.

La figure 4 montre la tête optique de la caméra BIRIS et son unité spécialisée de traitement d'images.

Développement d'un logiciel de base de données pour un poste de travail CAO/FAO tridimensionnel

■ P. Chartier – P. Gariépy

Le projet de poste de travail pour la CAO/FAO basé sur la caméra 3-D implique la manipulation d'une vaste quantité de données géométriques réparties dans une multitude de fichiers. Cette prolifération entraîne

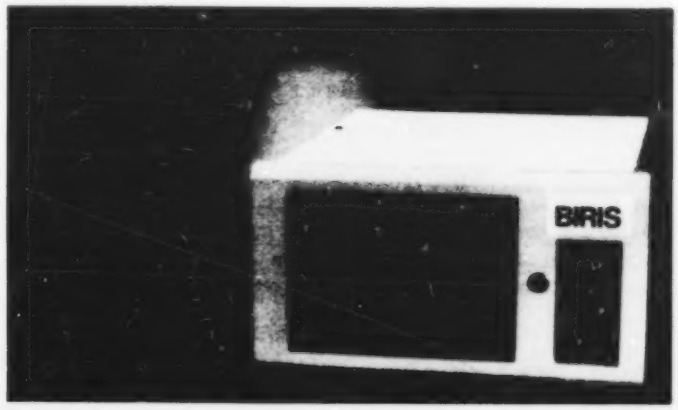


Figure 4 Système BIRIS.

des difficultés à tous les niveaux. La production de logiciel pour traiter les images, l'entretien de ce logiciel, la gestion des différentes versions d'une même image, l'élimination des images désuètes deviennent très compliqués. Pour qu'un poste de travail tel qu'envisagé dans notre projet devienne un outil sérieux, il faut l'équiper de logiciels permettant d'automatiser la gestion des données et des programmes.

Les recherches menées jusqu'à présent ont permis de mettre en relief les exigences suivantes pour un système de base de données d'images 3-D:

1. La structure doit permettre une modélisation symbolique.
2. La structure doit refléter les contraintes métriques aussi bien que logiques.
3. L'éventuelle base de données doit permettre l'accès et l'indexation des fichiers d'archives (rubans, disquettes).
4. Le logiciel doit être compilé pour avoir des temps de réponse acceptables.

Ces contraintes étant difficiles à réunir dans un même système, nous nous proposons de modéliser le système final à l'aide d'une petite machine et de logiciels peu dispendieux. Ce modèle réduit pourra éventuellement être transplanté sur des machines plus grosses.

Il est possible qu'une combinaison de logiciels commerciaux permette d'arriver à ces résultats et nous sommes à évaluer les diverses alternatives.

Technique de synthèse de textures appliquées à la reconstruction de la rugosité de surface d'un objet

■ P. Boulanger – A. Gagalowicz[1] – M. Rioux – L. Cournoyer

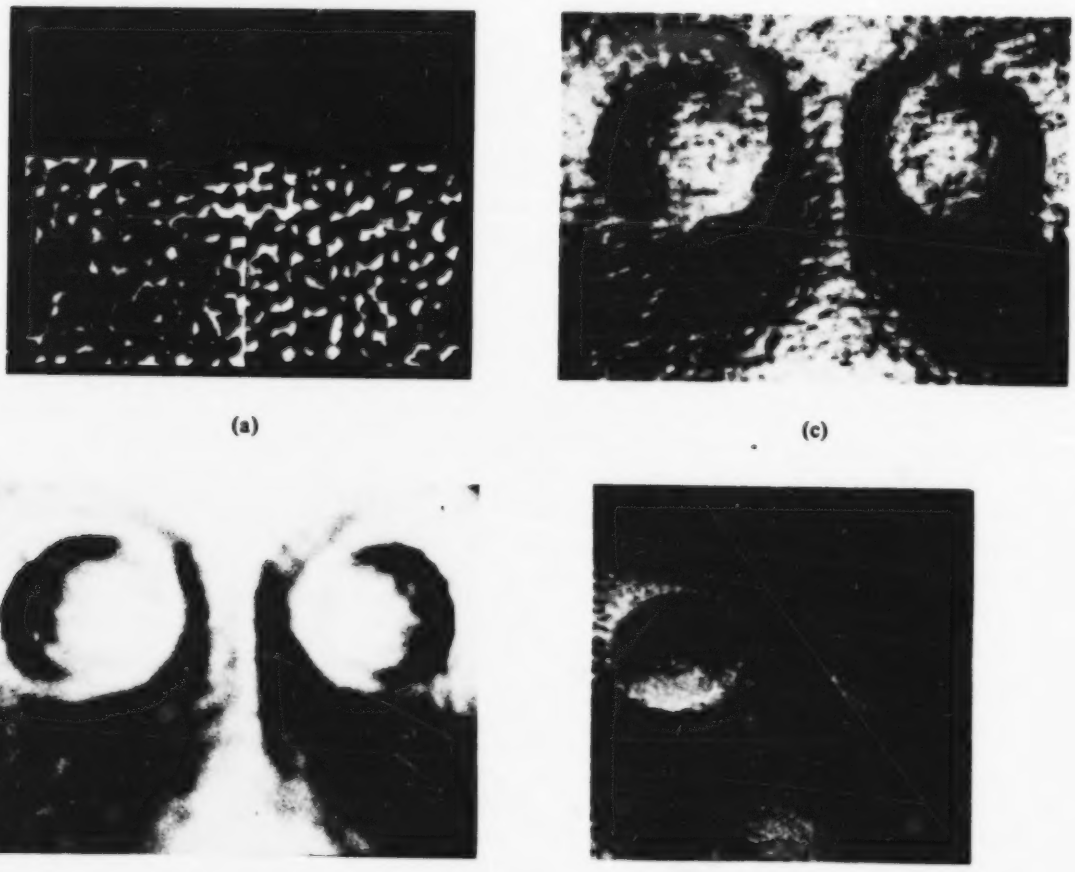
La perception visuelle que l'on a d'un objet est déterminée par l'interaction de la lumière avec ses caractéristiques physiques. Ces caractéristiques peuvent être énumérées comme suit : forme 3-D globale de l'objet, rugosité de la surface, variation de la réflectance de la surface et couleurs de l'objet.

Notre capteur laser peut mesurer avec une grande précision la forme 3-D globale et la variation de la réflectance de la surface d'un objet. Par contre, la mesure de la rugosité de surface nécessitait une résolution autant latérale que sur la mesure de profondeur qui était incompatible avec une mesure de la forme globale de l'objet. Une des solutions à ce problème consiste à mesurer à haute résolution une petite partie de l'objet dont on extrait la rugosité de surface. De ces mesures nous pouvons extraire un modèle statistique du second

[1]Adjoint temporaire de l'Institut nationale de recherches en informatique et en automatique (INRIA), Le Chesnay, France, de juillet à septembre 1986.

ordre qui nous permettra par la suite de re-synthétiser cette rugosité sur une forme lisse représentant la forme globale de l'objet. On peut voir à la figure 5a (à gauche) une image de profondeur codée en tons de gris de la rugosité de surface et à la droite la synthèse de cette rugosité. Cette rugosité provient de l'arrière d'un masque indien qui fut gracieusement prêté par l'Institut canadien de conservation des Musées nationaux du Canada. Une importante implication de cette technique est qu'il est possible de conserver sous forme compressée la forme globale d'un objet ainsi que sa rugosité. En effet, on peut voir à la figure 5b une image en tons de gris générée à partir des données 3-D et ombrée artificiellement de dimension 512 × 512 qui correspond à une interpolation par spline cubique au moindre carré de la forme non texturée d'une partie de l'objet. La reconstruction finale est illustrée à la figure 5c et la figure 5d est une photographie réelle de la même région. Le facteur de compression dans cet exemple est donc de :

$$238 = (512 \times 512)/(30 \text{ noeuds en } x \times 35 \text{ noeuds en } y \text{ pour la spline } + 50 \text{ paramètres de synthèse})$$



(a) (c)

(b) (d)

Figure 5 (a) texture naturelle à gauche, texture synthétique à droite; (b) surface polie d'une région arrière du masque; (c) surface polie et texture synthétique; (d) photo de la même région de l'objet réel sous les même conditions d'éclairage comme simulées en (b).

Intégration de vues multiples

■ P. Boulanger – M. Rioux – S. Martel[1] – L. Cournoyer

Un des problèmes de la vision 3-D est d'être capable de générer un modèle d'objets complexes à partir de l'intégration de plusieurs vues prises à différentes orientations de cet objet. Nous sommes à mettre au point différentes techniques d'intégration basées sur la prémisse qu'il est possible de connaître avec précision les différentes orientations de la caméra 3-D par rapport à l'objet. Cette simplification du problème nous permet de trouver une relation plus simple entre les différents points de mesures. Elle exige cependant une calibration du capteur parfaite car toute non linéarité de la mesure vient fausser cette relation. Les différentes techniques testées sont les suivantes :

1. jointure par surfaces splines paramétriques (valide pour objets convexes). Cette technique consiste à intégrer tous les points provenant des différentes vues dans un système de coordonnées sphériques dont l'origine est située au centre de l'objet. L'intégration se fait par l'utilisation d'une spline cubique bidimensionnelle où l'ensemble des données est approximé par la modification ou la déformation d'une membrane sphérique. Cette technique fut testée sur des objets convexes avec succès. Un des grands avantages de cette technique est que le modèle produit est une surface cubique, c'est-à-dire qu'elle possède une dérivée première et seconde continue. De plus, il est aussi possible d'interpoler la surface en tous points de l'espace. Bien que cette technique soit limitée aux objets convexes une généralisation pour des objets concaves est à l'étude.
2. intégration dans l'espace binaire tridimensionnelle (valide pour objets convexes et concaves). Une deuxième technique d'intégration de vues multiples est de concevoir l'espace comme un ensemble de voxels binaires qui indiquent la présence ou non d'un point d'une surface. L'intégration dans cette espace est donc automatique, car chaque point mesuré par le capteur est transformé dans le système de coordonnées central, lequel allume le voxel correspondant. Cette procédure produit un ensemble de tranches binaires qui doivent être triangulées avec leurs voisines afin de produire un modèle polygonal de la surface. Un des problèmes reliés à cette méthode est celui de l'espace qu'occupe cette mémoire binaire 3-D. En effet, si l'on veut être capable de résoudre de petits détails, cet espace peut atteindre des dimensions de 512 × 512 × 512 soit 131 Mbits. Bien sûr, en pratique, la représentation de l'espace peut être réduite grâce à des techniques quad-tree. Un des grands avantages de cette méthode est que l'on peut intégrer des objets complexes, c'est-à-dire concaves et non connexes.

Une troisième technique d'intégration par techniques de triangulation sera aussi explorée (valide pour objets convexes et concaves).

Ces trois techniques possèdent chacune leurs avantages et désavantages et une étude plus poussée nous permettra peut être de n'en conserver qu'une.

Segmentation d'images 3-D utilisant comme classificateur la transformée de Fourier

■ P. Boulanger – M. Rioux

Le processus de la vision peut être résumé en trois principales phases qui sont : acquisition de la scène, segmentation et reconnaissance. La segmentation, phase entre l'acquisition des données et la reconnaissance, n'a pas atteint à ce jour les mêmes capacités de traitements en temps réel que les deux autres. La segmentation est un processus de classification qui permet de passer d'une image formée d'un ensemble de pixels à une carte de symboles qui pourra être ensuite interprêtée par un programme de reconnaissance travaillant au niveau symbolique. Par exemple, pour le cas des images de profondeurs, les pentes locales peuvent être mesurées et classifiées dans un espace ayant les composantes du vecteur normal comme coordonnées. Une des grandes limitations de cette méthode d'usage fréquent est qu'il faut utiliser une fenêtre de transformation (opérateur local) donc la taille doit être déterminée expérimentalement. Afin de solutionner ces problèmes, nous avons développé une nouvelle technique de segmentation basée sur un codage des données 3-D qui nous permet d'utiliser la transformée de Fourier rapide comme classificateur. Un des grands avantages de cette

[1]Adjointe d'été du Département d'informatique, Université Laval, Québec (Québec) de mai à août 1986.

technique est que la fenêtre du classificateur est toujours optimale et adaptative à un objet. Un second avantage est que cette technique peut être implémentée en temps réel en grande partie grâce à des méthodes optiques. Ceci nous amène à des temps de calcul bien inférieur à la seconde (vitesse requise pour des applications industrielles d'automatisation). Afin d'illustrer le procédé, la figure 6a nous montre une scène constitutée d'objets géométriquement simples. En la figure 6b nous montrons l'image résultante après l'avoir codée. En la figure 6c nous avons la transformée de Fourier de l'image b. Les concentrations dans cet espace de classification nous indiquent la présence de plans inclinés. Les coordonnées de ces concentrations sont proportionnelles à l'inclinaison et l'orientation du plan correspondant. La segmentation est effectuée par seuillage du spectre (figure 6c), puis en appliquant une transformation de Fourier inverse. Les figures 6d, e et f nous montrent des plans segmentés de cette façon. La technique peut aussi être utilisée pour coder des formes complexes. Dans ce contexte, nous collaborons avec un groupe du Centre national de la recherche scientifique à l'Université de Clermont, France.

Interface entre un capteur de vision tridimensionnelle et un système de CAO/FAO

■ P. Boulanger – L. Ruhlmann[1] – K. Evans – G. Hill

La création de base de données géométriques est habituellement une des phases les plus complexes dans tout système de conception et d'analyse par ordinateur. Pour des objets réguliers, la description de ceux-ci peut être accomplie grâce à un ensemble de fonctions géométriques élémentaires. Dans la plupart des cas, un utilisateur expérimenté peut produire presque n'importe quelle forme à partir de tels systèmes. Toutefois, si l'objet à introduire dans le système de CAO/FAO est trop complexe ou ne possède pas une définition mathématique formelle, l'utilisateur doit en réaliser la meilleure approximation possible grâce à l'entrée point par point de mesures faites sur l'objet. Pour résoudre ce problème, nous avons réalisé un système utilisant une caméra 3-D par triangulation laser pour la numérisation des objets et un interface graphique interactif pour l'édition et la visualisation des données acquises. Le projet se subdivise en plusieurs sections importantes et une description sommaire suit.

1. intégration de vues multiples afin d'obtenir une description complète de l'objet. La technique utilisée à ce jour est de faire tourner l'objet sur une table tournante et de numériser en mode ligne un profil pour chaque incrément angulaire de la table. Chaque profil correspond à un angle de un degré.
2. développement de techniques de filtrage afin de produire des images possédant une dérivée première et seconde continue au sens mathématique et dont le niveau de bruit ou de rugosité peut être contrôlé. La technique utilisée à ce jour est celle développée au Massachusetts Institute of Technology par Terzopoulos qui consiste à faire passer sur l'image une fonction spline cubique par la méthode du moindre carré et dont la rigidité varie afin de tenir compte des discontinuités réelles de hauteur et d'orientation.
3. développement de techniques numériques de compression de données afin d'éliminer dans les images les données redondantes. La technique utilisée à ce jour fait un ré-échantillonnage intelligent des données en posant comme hypothèse que ces points serviront comme points de contrôle dans un programme de reconstruction B-spline.
4. développement d'un éditeur de surface afin de permettre à l'utilisateur du système de visualiser et de manipuler les données acquises par le capteur 3-D. Cet éditeur utilise le processeur graphique Adage/Ikonas RD3000 mais doit être transféré sur une station travail IRIS 3030 pour la version commerciale. Il permet la manipulation de grande quantité de données en temps réel grâce à un système graphique virtuel qui permet d'extraire de la base de données un sous ensemble manipulable de ces données qui peut être réinséré après modification. Le système permet aussi d'afficher les données sous forme très réaliste grâce à des algorithmes de rendu tel que Gouraud et Phong.

[1]Assistant temporaire du Centre national de la recherche scientifique, Strasbourg, France, de novembre 1985 à septembre 1986.

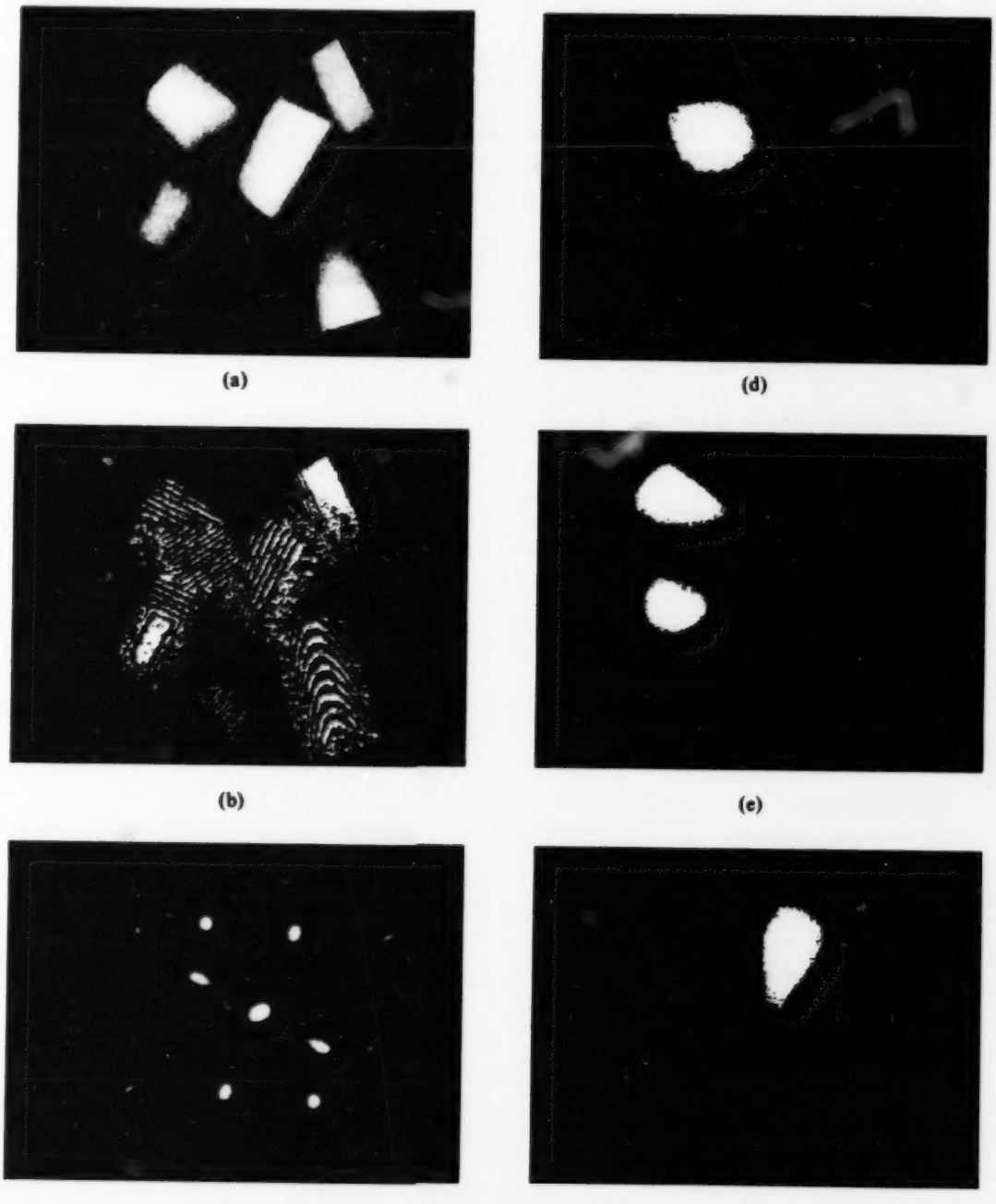


Figure 6 Segmentation d'images 3-D utilisant le codage des images et la transformée de Fourier. (a) Image d'entrée 3-D; (b) image résultante codée; (c) transformée de Fourier de (b). (d), (e) et (f) nous montrent des segmentations de plans utilisant la méthode décrite.

5. développement d'un programme d'usinage sur machine outil permettant la reproduction des objets numérisés. Celui-ci utilise une version modifiée du programme d'usinage trois axes produit par J.P. Duncan de l'Université de Colombie-Britannique, nous avons pu usiner avec succès les données illustrées à la figure 7. Une version permettant d'usiner tout le tour d'un objet est aussi disponible.

Figure 7 Comparaison entre le masque usiné et son original.

L'ensemble du projet fut réalisé et un transfert technologique est en cours avec la compagnie HYMARC Engineering Limited. La compagnie sera responsable de l'intégration du système sous une forme commerciale.

■ Composants photoniques pour la détection et le traitement des données

■ J. Chrostowski – A.G. Dufour – R. Misner

Nos travaux ont surtout porté sur la conception de modulateurs d'intensité électro-optiques au $LiNbO_3$ et sur le développement des procédés associés. Nous avons entrepris en même temps les travaux préliminaires en vue de la conception de dispositifs en optique guidée dans le GaAs.

Modulateur optique très rapide

Un modulateur d'ondes progressives interférométrique au $LiNbO_3$ (1) a été fabriqué en collaboration avec la Division de physique ainsi qu'avec la Section d'énergie de notre Division (figure 8). Il a été conçu pour la détection de champs électriques en fréquences ultra hautes (10 GHz). Une partie de cette technologie fait présentement l'objet d'un transfert à la division d'Avionique de la compagnie Marconi Canada.

Référence

1. Landheer, D., Podgorski, A., Chrostowski, J., et Buchanan, M. Integrated electro-optic modulator for ultra-high frequency electric field sensing. SPIE Proc. 661: 224–228; 1986. CNRC 26543.

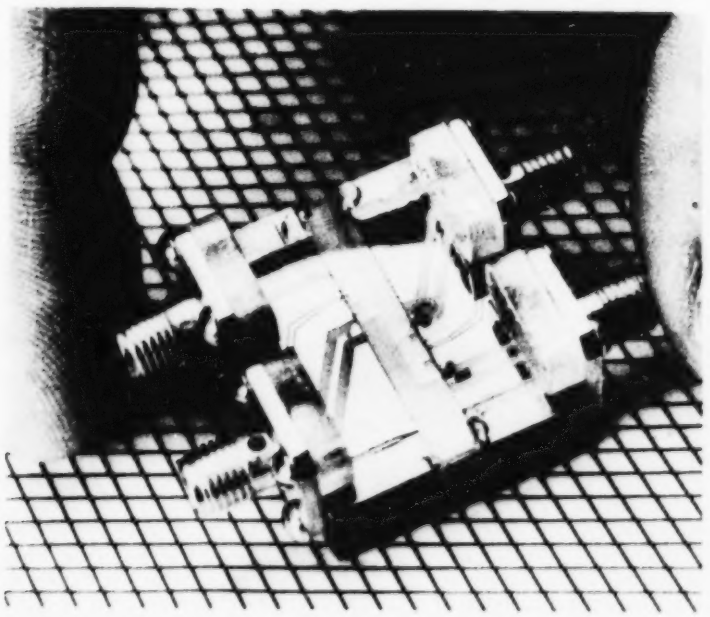


Figure 8 Modulateur d'ultra hautes fréquences au $LiNbO_3$. L'interféromètre de Mach–Zehnder est produit par diffusion de titane. Deux séries d'électrodes modulent les deux branches de l'interféromètre.

Polarisateur atténuateur à ondes guidées

■ J. Chrostowski – R. Gauthier – M. Fontaine

Un autre modulateur de lumière guidée au $LiNbO_3$ a été analysé et testé dans le cadre d'une collaboration avec l'Université Dalhousie et l'Université du Québec à Hull. On a développé la technologie des guides d'ondes au $LiNbO_3$ par échange de protons : il s'agit d'une procédure relativement nouvelle, qui s'ajoute au procédé actuel de diffusion de titane; elle permet la fabrication de guides d'ondes de très grande qualité comme, par exemple, des dispositifs optiques non linéaires et des lentilles à ondes guidées pour le traitement de données en temps réel. À l'inverse des guides d'ondes à diffusion de titane, ces guides d'ondes ne subissent pas de dommages optiques sous l'effet de la lumière laser verte haute puissance.

Portes logiques optiques sur GaAs

■ J. Chrostowski – S. Chelkowski – R. Gauthier – M. Cada[1]

Les techniques d'interaction non linéaire et de mélange de faisceaux optiques comme, par exemple, la conversion de fréquences, la conjugaison de phase, les effets de mémoire optique et la commutation, offrent un potentiel énorme pour le traitement de données optiques en temps réel (1, 2). Certaines applications comme, par exemple, la station spatiale ou d'autres systèmes autonomes nécessitent une puissance de calcul qui dépasse celle des dispositifs électroniques actuels, en particulier du point de vue de la rapidité de reconnaissance des formes. Ces conditions doivent être satisfaites par le recours à des procédés électro-optiques hybrides ou entièrement optique à traitement parallèle inhérent.

Les travaux exploratoires se poursuivent dans ce secteur. On a réalisé un plan détaillé d'un coupleur à ondes guidées non linéaire sur GaAs (3). La structure à puits quantique (QWS) peut jouer le rôle des portes logiques OU-EXCLUSIF ou ET-NON, avec énergie de commutation très faible, et servira de composant de

[1]Chercheur invité du Technical University of Nova Scotia, Halifax (Nouvelle-Écosse) de juin à juillet 1986.

commutation fondamental initial au cours d'expériences à venir. Dans une structure en anneau, les propriétés de commutation d'un dispositif non linéaire sont fort intéressantes et donnent lieu à la bistabilité et au phénomène de chaos pour les fortes intensités lumineuses (4).

L'un des aspects les plus prometteurs de la technologie QWS des semiconducteurs est la possibilité du recours à de nouvelles méthodes de traitement comme la gravure et le dépôt localisé par commande laser. L'utilisation appropriée de ces méthodes permet la production sur une seule puce de structures à composants électro-optiques intégrés, c'est-à-dire des guides d'ondes, des lasers, des modulateurs, des détecteurs, des coupleurs, des filtres, etc. On utilisera à cette fin un micro-balayeur laser commandé par IBM PC (5) et développé récemment (*Bulletin de la Division de génie électrique*, vol. 2, n° 6), dont la résolution est 0,1 μm, les dimensions de la tache étant limitées à environ 1 μm par la diffraction.

On a développé une excellente méthode de polissage à angle oblique pour les échantillons de semiconducteurs (figure 9). Elle permet l'inspection directe de la structure QWS produite (par exemple en épitaxie par faisceau moléculaire) jusqu'à des épaisseurs de 100 Å ou moins.

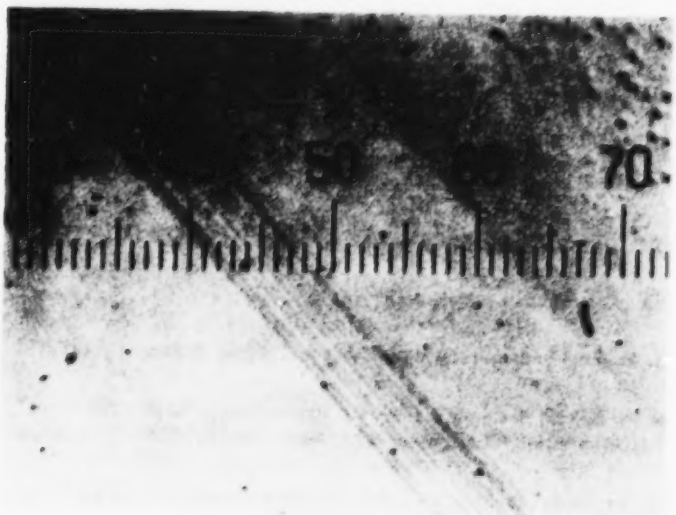


Figure 9 Les couches produites dans le GaAs par épitaxie par faisceau moléculaire dans le Laboratoire des sciences des microstructures sont polies à un angle de 0,5 °. Échantillon n° 10: 10 couches de AlGaAs à 70 Å et de GaAs à 180 Å. La plus petite échelle est de 10 μm.

Références

1. Optical Computing, IEEE Spectrum, 23(8): 1986.
2. Special issues on optical computing, Appl. Opt. 25(10 & 14): 1986.
3. Cada, M., Gauthier, R., Paton, B.E., et Chrostowski, J. Appl. Phys. Lett. 49: 755; 1986; SPIE Proc. 704: 1986.
4. Hoffe, R., et Chrostowski, J. Optical pulse compression and breaking in nonlinear fiber couplers. Opt. Commun. 57(1): 34–38; 1986.
5. Gauthier, R., Chrostowski, J., Paton, B., et Cada, M. Mask making using a laser writing system. SPIE Proc. 704: 1986.

Capteurs à fibres optiques

■ J. LEGENDRE[1] – R. MISNER – P. GARIÉPY

En 1986, les travaux liés à ce projet étaient dans la dernière phase. La plus grande partie des travaux ont porté sur le réflectomètre à fibres optiques décrit dans le numéro précédent du *Bulletin* (vol. 2, nº 6). L'utilisation du réflectomètre à titre de détecteur de données physiologiques a été décrite dans deux articles publiés pendant l'année. On a aussi effectué deux séries de tests en collaboration avec les chercheurs de la Section de génie médical de la Division de génie électrique et de la Division des sciences biologiques, afin de déterminer si l'activité nerveuse peut être détectée par le réflectomètre à fibres optiques. On savait déjà que les potentiels d'action dans les fibres nerveuses étaient accompagnés de phénomènes optiques. Toutefois, nous ne savions pas vraiment si la variation correspondante de l'indice de réfraction était assez importante pour en permettre la détection par notre méthode. Les résultats des deux séries d'expériences ont été négatifs; par ailleurs notre analyse a démontré que bien que la technique ne soit pas totalement inadéquate, il est nécessaire d'accroître substantiellement la sensibilité du système optique pour obtenir des résultats satisfaisants. On a aussi effectué deux expériences avec ce matériel pour le compte de chercheurs externes. La première expérience découlait d'une demande provenant d'un groupe au Département de génie mécanique de la Iowa State University (dirigé par M. Pate et A. Bergles). Les membres de ce groupe cherchent une méthode de détection et de mesure de la présence d'huile dans les fluides réfrigérants de systèmes fermés de refroidissement. Une expérience a été réalisée avec succès au moyen des échantillons fournis par ce groupe de recherches. La dernière expérience a été effectuée par suite d'une demande du groupe de A. Meisen au Département de génie chimique de l'Université de la Colombie-Britannique. Cette expérience portait sur la détection d'urée dans l'eau et a été réalisée sur des échantillons fournies par le groupe de A. Meisen. Les résultats ont été encourageants et sont décrits dans un bref rapport envoyé au chercheur principal le 28 octobre 1986.

MÉMOIRES RÉCENTS — PHOTONIQUE ET CAPTEURS

Publiés

- ☐ BLAIS, F., ET RIOUX, M. Real-time numerical peak detector. Signal Process. 11: 145–155; 1986. CNRC 26561.
- ☐ BLAIS, F., ET RIOUX, M. BIRIS: A simple 3-D sensor. Proceedings of SPIE 1986, Optics, Illuminations, and Image Sensing for Machine Vision, Cambridge (MA). 26–31 octobre 1986. Vol. 728, pp. 235–242. CNRC 27507.
- ☐ BLAIS, F., RIOUX, M., ET POUSSART, D. A very compact three-dimensional camera for robotic applications. Text and Measurement World. Avril 1986. pp. 65–66. CNRC 27508.
- ☐ BOULANGER, P., EVANS, K.B., RIOUX, M., ET RUHLMANN, L. Object input for CAD/CAM using a 3D laser scanner. Proceedings of the 8th Symposium on Engineering Applications of Mechanics, Sherbrooke (Qué.). 8–10 juin 1986. pp. 100–106. CNRC 25446.
- ☐ BOULANGER, P., EVANS, K.B., RIOUX, M., ET RUHLMANN, L. Object input between a 3-D laser scanner and a CAD/CAM system. 5th Canadian CAD/CAM & Robotics Conference and Exposition, Toronto (Ont.). 17–19 juin 1986. pp. 731–737. CNRC 27781.
- ☐ CADA, M., GAUTHIER, R.C., PATON, B.E., ET CHROSTOWSKI, J. Nonlinear guided waves coupled nonlinearly in a planar GaAs/GaAlAs multiple quantum well structure. Appl. Phys. Lett. 49(13): 756–758; 1986. CNRC 26772.
- ☐ CADA, M., GAUTHIER, R., CHROSTOWSKI, J., ET PATON, B. Multiple-quantum-well nonlinear coupler. Proceedings of SPIE's "Fiber Laser '86" Symposium, Cambridge (MA). 14–20 septembre 1986. Vol. 704. CNRC 26541.
- ☐ CHARTIER, P. Étude préliminaire d'une base de données pour un poste de travail graphique 3-D. CNRC/ERB-999, avril 1987. 9 pages. CNRC 26862.

[1]Déplacé à la Direction des services liés à la gestion, Conseil national de recherches du Canada, en janvier 1987.

- ☐ Chartier, P., et Blais, F. A semi-automatic system for document preparation. CNRC/ERB-983, mai 1986. 11 pages. CNRC 25786.
- ☐ Cournoyer, L. Procédure d'ajustement et de calibration pour capteur tri-dimensionnel à balayage synchronisé. CNRC/ERB-998, janvier 1987. 200 pages. CNRC 27433.
- ☐ Gauthier, R., Chrostowski, J., Paton, B., et Cada, M. Mask making using a laser writing system. Proceedings of SPIE's "Fiber Laser '86" Symposium, Cambridge (MA). 14–20 septembre 1986. Vol. 704. CNRC 26542.
- ☐ Hoffe, R., et Chrostowski, J. Single-mode optical fiber ring resonator and nonlinear coupling. Proceedings of the SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Science and Engineering, Québec (Qué.). 2–6 juin 1986. Vol. 667: pp. 192–196. CNRC 25928.
- ☐ Landheer, D., Podgorski, A., Chrostowski, J., et Buchanan, M. Integrated electro-optic modulator for ultra-high-frequency electric field sensing. Proceedings of the SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Science and Engineering, Québec (Qué.). Vol. 661. 2–6 juin 1986. CNRC 26543.
- ☐ Legendre, J.P., et Forester, G.V. A fibre optic sensor of physiological parameters. Proceedings of SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Sciences and Engineering, Québec (Qué.). 2–6 juin 1986. Vol. 661: pp. 218–223. CNRC 25929.
- ☐ Legendre, J.P., Misner, R., Forester, G.V., et Geoffrion, Y. A simple fibre optic monitor of cardiac and respiratory activity for biomedical magnetic resonance applications. J. Magn. Reson. Med. 3(6): 953–957; 1986. CNRC 27509.
- ☐ Livingston, F.R., et Rioux, M. Development of a large field of view 3-D vision system. Proceedings of SPIE 1986 International Symposium on Optical and Optoelectronic Applied Sciences and Engineering, Québec (Qué.). 2–6 juin 1986. Vol. 665: pp. 188–194. CNRC 25927.
- ☐ Rioux, M., et Blais, F. Compact three-dimensional camera for robotic applications. J. Opt. Soc. Am. A3(9): 1518–1521; 1986. CNRC 26550.
- ☐ Rioux, M., Boulanger, P., et Kasvand, T. Segmentation of range images using sine wave coding and Fourier transformation. Appl. Opt. 26(2): 287–293; 1987. CNRC 27510.

Présentés

- ☐ Blais, F., Rioux, M., et Poussart, D. BIRIS: Une caméra de vision tri-dimensionnelle pour applications industrielles. 54e Congrès de l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Montréal (Qué.). 12–16 mai 1986.
- ☐ Boulanger, P. Utilisation d'un capteur tridimentionnel dans un environment CAO/FAO mécanique. CNRC/DGE Association de la Science, Ottawa (Ont.). 15 mai 1985.
- ☐ Boulanger, P. 3-D system used and its use to solve vision problems. Fraunhofer Institute, Freiburg, Allemagne. Octobre 1985.
- ☐ Boulanger, P. Capteurs de vision 3D et ses applications en vision et en CFAO. Institut national de recherche en informatique et en automation (INRIA), Domaine de Voluceau, France. 2 octobre 1985.
- ☐ Boulanger, P. Capteurs de vision 3D et ses applications en vision et en CFAO. Laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes (LAAS), Toulouse, France. 5 octobre 1985.
- ☐ Boulanger, P., Evans, K.B., Rioux, M., et Ruhlmann, L. Object input for CAD/CAM using a 3D laser scanner. 8th Symposium on Engineering Applications of Mechanics, Sherbrooke (Qué.). 8–10 juin 1986.
- ☐ Boulanger, P., Rioux, M., et Evans, K.B. Interface entre un système de vision tridimensionnelle et un système CFAO. 54e Congrès de l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Montréal (Qué.). 12–16 mai 1986.
- ☐ Chrostowski, J. Integrated optics. Département de génie électrique, Université d'Ottawa, Ottawa (Ont.). 2 décembre 1986.

- ☐ Gauthier, R.C., Paton, B.E., Cada, M., et Chrostowski, J. Measurement of the near field radiation pattern by knife-edge scanning technique. 1986 Canadian Association of Physicists Congress (CAP '86), Edmonton (Alb.). 23–25 juin 1986.
- ☐ Gauthier, R.C., Paton, B.E., Cada, M., et Chrostowski, J. Integrated-optic attenuators. 1986 Canadian Association of Physicists Congress (CAP '86), Edmonton (Alb.). 23–25 juin 1986.

Brevets

- ☐ Blais, F. Peak position detector. Brevet É.-U. 4,658,368. 4 avril 1987.
- ☐ Rioux, M. Three dimensional imaging method and device. Brevet É.-U. 4,627,734. 9 décembre 1986.
- ☐ Rioux, M. Three dimensional imaging device. Brevet É.-U. 4,645,347. avril 1987.

ROBOTIQUE ET AUTOMATISATION

Chef de section — M.A. Barakat

■ Introduction

La Section de robotique et automatisation est une nouvelle section du Laboratoire des systèmes intelligents. Elle se trouve dans le nouvel Institut canadien de technologie industrielle à Winnipeg, au Manitoba.

La section poursuivra des travaux de recherche intéressant directement l'industrie, en collaboration avec des partenaires du secteur privé et des universités. Ces recherches porteront surtout sur:

1. La robotique à base de capteurs : travaux de recherche et de développement appliqués portant sur des systèmes robotiques de pointe capables de comprendre leur milieu de travail et de s'y adapter.
2. l'automatisation industrielle : travaux de recherche et de développement appliqués dans le domaine de la production et des essais assistés par ordinateur.
3. l'intelligence artificielle et les systèmes experts : développement de systèmes à base de connaissances dans les domaines qui intéressent les partenaires industriels.

Ces travaux de recherche devraient porter sur les secteurs de la fabrication, du traitement et de l'exploitation des ressources. Les projets de la section vont faire fortement appel aux experts du Laboratoire des systèmes intelligents, d'autres laboratoires de la Division du génie électrique et d'autres divisions du CNRC.

■ Projects

Un certain nombre de projets ont été définis et on prévoit qu'ils devraient commencer au début de 1987/88.

Nouvel appareil de mesure des coordonnées

Mise au point d'un appareil de mesure des coordonnées compatible avec la CAO, connectable et permettant l'inspection de pièces usinées à chaque étape critique du processus de fabrication.

Algorithmes de traitement des images «DiffractoSight»

Mise au point d'algorithmes visant à automatiser le traitement des images «DiffractoSight» pour l'inspection de feuilles de métal et dans d'autres nouveaux domaines comme l'analyse des contraintes et les essais non destructifs.

Système de télédiagnostic et de télémaintenance d'autocommutateurs privés automatiques à base de connaissances

Mise au point d'un système expert pour le diagnostic et la maintenance à distance d'autocommutateurs privés automatiques.

Langages pour applications de fabrication

Extension de ces langages aux robots et aux appareils de mesure de coordonnées ainsi qu'à la modélisation tridimentionnelle et à une famille de logiciels de moulage de plastiques par injection.

Système expert de commande de modèles

Mise au point d'un système expert de commande de modèles visant à faciliter les activités de planification et de commercialisation d'un grand fabricant de vêtements.

Inspection et essais non destructifs automatisés

Mise au point d'un système de tomographie assistée par ordinateur. Les mesures vont être comparées automatiquement aux données de la CAO et les éléments vont être acceptés au rejetés en fonction de critères prédéterminés.

Produits de pointe dans le domaine des robots de soudage

Mise au point d'un système de programmation autonome à base de capteurs pour les robots de soudage.

Centre des systèmes experts

Établissement, à l'ICTI, d'un centre, exploité par le secteur privé, pour faciliter le transfert à ce dernier des techniques de l'intelligence artificielle.

■ Matériel

En 1986/87, on a accordé la priorité à l'acquisition de matériels de base pouvant servir à un aussi grand nombre de participants que possible. Parmi le matériel dont nous avons fait l'acquisition, mentionnons une installation centrale de traitement (ordinateur VAX et périphériques), un réseau d'ordinateurs répartis, des appareils d'essai de laboratoire polyvalents, du matériel de développement sur microprocesseur, des postes de travail en intelligence artificielle et des logiciels de développpement de systèmes experts, un système de vision, des logiciels de fabrication, des logiciels graphiques et des robots.

Des dispositions ont également été prises pour le transfert à l'ICTI d'équipements appartenant à d'autres laboratoires du CNRC, du Conseil de recherche du Manitoba et de l'Université du Manitoba.

MÉMOIRES RÉCENTS — PUBLICATIONS DIVERSES

Publiés

- ☐ Scrimgeour, J. Expert systems — a review of their potential and application in Canada. Proceedings of the 1986 Canadian Conference on Industrial Computer Systems (CICS '86), Montréal (Qué.). 28–30 mai 1986. pp. 17.1–17.8.
- ☐ Burtnyk, N., Scrimgeour, J., Udd, J.E., et Pathak, J. Recent developments in remote mining systems. Annual General Meeting of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Montréal (Qué.). 11–15 mai 1986; et CANMET, Division Report, M&ET/MRL, 86-56 (OP).
- ☐ Scrimgeour, J. Development of the CAD/CAM infrastructure in Canada: 1975–1985. Proceedings of the 5th Canadian CAD/CAM & Robotics Conference, Toronto (Ont.). 17–19 juin 1986. Addenda pp. 5–29.
- ☐ Nenonen, L., Scrimgeour, J., Pathak, J., et Udd, J.E. Mining automation activities at CNRC and CANMET. Proceedings of the First Canadian Symposium on Automation in Mining, Sudbury (Ont.). October 14–16, 1986. Mémoire nº 4; et CANMET, Division Report, M&ET/MRL 86-100 (OP/J).

Présentés

- ☐ Scrimgeour, J. Expert systems — a review of their potential and application in Canada. CAD/CAM '86, Montréal (Qué.). 16–18 septembre 1986. (Invité.)
- ☐ Scrimgeour, J. Mining automation. Second CANMET Consultative Workshop on Mining Automation, Sudbury (Ont.). 17 octobre 1986.
- ☐ Scrimgeour, J. CAD & CAM — a micro and macro viewpoint. Micro Computer-Based CAD and CAM Workshop and Trade Show, Fredericton (N.-B.). 26–27 novembre 1986. (Invité.)
- ☐ Scrimgeour, J. Transformative technologies: CAD/CAM, Robotics, CIM and AI. Séminar à l'intention des étudiants de deuxième et troisième cycle, Département de génie électrique, Université d'Ottawa, Ottawa (Ont.). 16 janvier 1987. (Invité.)
- ☐ Scrimgeour, J. Expert systems — a review of their potential and application in Canada. Artificial Intelligence (Expert Systems) Symposium, Conseil national de recherches, Ottawa (Ont.). 29 janvier 1987.

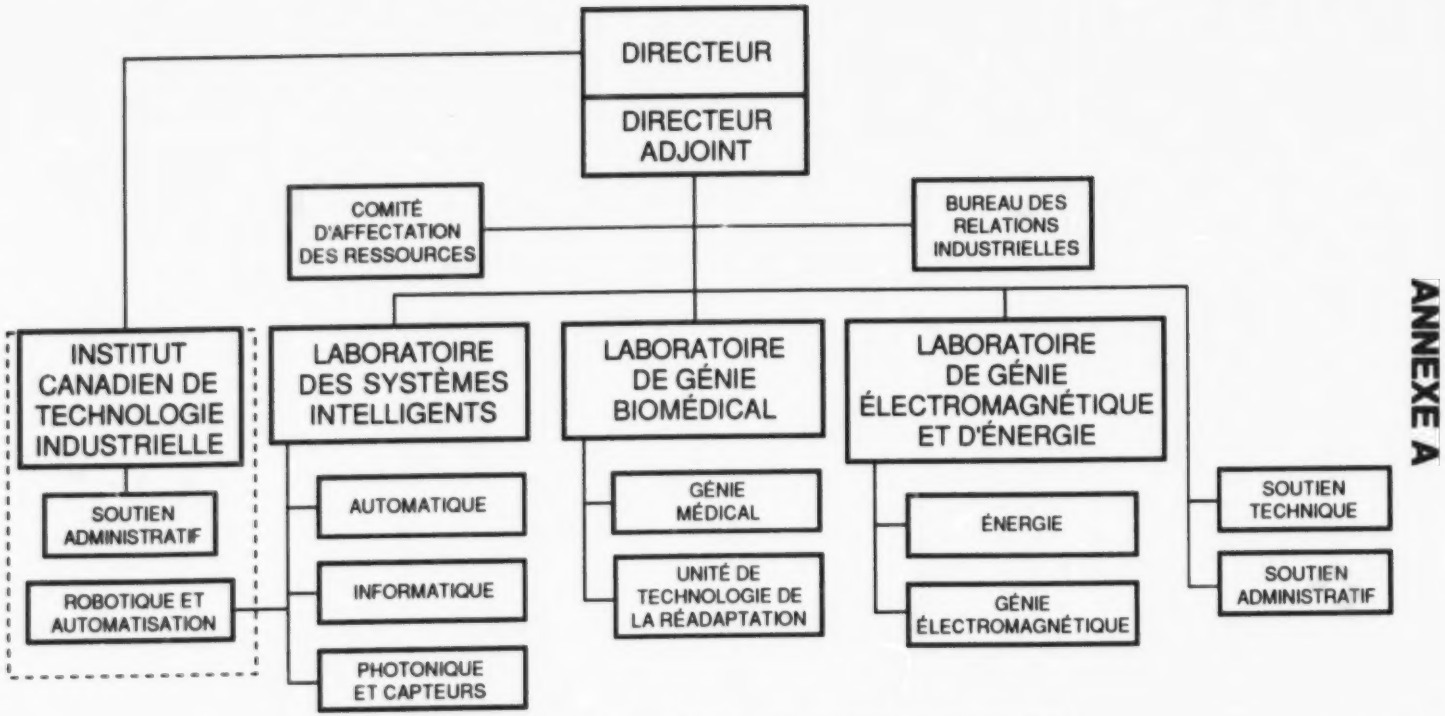


Figure A1 Organigramme de la Division de génie électrique, le 31 mars 1987.

ANNEXE B

Personnel de la Division de génie électrique 31 mars 1987

Directeur – M. S.A. Mayman

Directeur adjoint – Dr M.M.C. Collins

Agent administratif – Mme M. Fox

Secrétaire du directeur – Mme A.C. Dunn

Agent de liaison industrielle – M. A.M. Hlady

Agent de liaison industrielle adjoint – Dr K. Birnbaum

Ingénieur de recherches principal – Dr J.Y. Wong

ADMINISTRATION ET SERVICES

- **Bureau administratif**

Kenny, S. — Lambert, C. — Manson, M.

- **Coordonnateur de l'édifice**

Houle, C.

- **Bureau des publications**

Kidd, E.M. — Tierney, T.A.

- **Bureau des approvisionnements et des magasins**

Weston, G.H.
Lajeunesse, M.
Lamont, J.D.
Moodie, R.J.
Osborn, L.
Purney, S.J.
Taggart, S.J.
Wilson, D.G.D.

■ **Atelier de développement**

Milne, D.F.
Bouchard, S.
Bramall, B.K.
Dunlop, D.A.
Farr, B.C.
Franklin, W.
Hendley, J.G.
Kritsch, R.A.
L'Abbé, P.C.
Legere, J.
Marchington, D.C.
Pollex, G.P.
Poulin, D.A.W.
Preece, N.
Reid, D.G.
Taylor, A.R.
Tierney, K.G.
Williscroft, G.

Travailleur invité

Adamczyk, S.[1]

■ **Section de dessin et de photographie**

Eamer, C.C.
Ablack, V.G.
Amirault, P.
Cameron, L.A.
Gamache, D.
Schoenherr, K.
Vallières, R.A.
Walker, G.D.

■ **Annex de la DGE, ICIST**

Dyment, J.
Day, M.

LABORATOIRE DE GÉNIE BIOMÉDICAL

Chef de laboratoire — M. O.Z. Roy

■ **Section de génie medical**

Personnel scientifique

Roy, O.Z.
Black, R.C.
Crabtree, D.
Durie, N.D.
Forester, G.V.
Korba, L.W.
Mortimer, A.J.
Nelson, P.J.
Pauls, J.L.

Personnel technique

Farley, R.
LaFleur, C.
McSheffrey, L.
Park, G.C.
Saver, W.
Scott, J.
Skrypnyk, R.
Statham, A.
Trollope, B.J.
Villeneuve, E.J.

Agent de recherche visiteur

Foux, A.[2]

Travailleurs invités

Gilbert, S.[2]
Hranchuk, K.[3]
Jinsheng, L.[4]
Lovas, M.A.[5]

[1]Colonel By Secondary School, Gloucester (Ontario.)
[2]Université d'Ottawa, Ottawa (Ontario).
[3]Expert-conseil, Ottawa (Ontario).
[4]Centre de recherches en réadaptation du Chine, Beijing, Chine.
[5]Hôpital Civic d'Ottawa, Ottawa (Ontario).

■ Unité de technologie de la réadaptation

Personnel scientifique	*Personnel technique*	*Personnel technique (suite)*
Batelaan, J.	Ayvazyan, H.	Tam, M.
Bennett, W.G.	Kerr, S.A.	Tremblay, R.
Clark, I.P.		

LABORATOIRE DE GÉNIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET D'ÉNERGIE

Chef de laboratoire (intérimaire) — D[r] M.M.C. Collins

■ Section de génie électromagnétique

Personnel scientifique	*Personnel technique*	*Travailleur invités*
Kashyap, S.	Allan, L.E.	Gray, R.E.[1]
Antar, Y.M.M.	Gibson, G.	Hendry, A.[2]
Balaberda, R.	Markell, R.C.	Lahey, D.[1]
Campbell, J.B.	Wolfe, J.	
Mishra, S.R.		
Shih, L.Y.		
Wyslouzil, W.		

■ Section d'énergie

Personnel scientifique	*Personnel technique*	*Travailleurs invités*
Densley, R.J.	Angelo, D.J.	Arnold, B.[3]
Arseneau, R.J.	Bennett, D.	Chow, W.[4]
Bamji, S.S.	Cassidy, B.R.	Hanes, G.[4]
Brown, W.G.	Cook, P.R.	Lightfoot, H.[3]
Bulinski, A.T.	Coupal, J.J.	Qian, Y.[5]
Filipski, P.S.	Dunn, J.G.	Quang, L.[4]
McComb, T.R.	Grünwald, A.	Snippe, R.[3]
Moore, W.J.M.	Hoffman, D.R.	***Stagiaires***
Podgorski, A.S.	Robert, J.E.P.	Au, C.[6]
So, E.	Rocheleau, D.O.	Vu, C.[7]
	Sabourin, L.	
	Zelle, J.J.	

[1]Parabolics Communications Inc., Ottawa (Ontario).
[2]Retraité en août 1986.
[3]Ridgemont High School, Ottawa (Ontario).
[4]Ottawa Technical High School, Ottawa (Ontario).
[5]Université Shanghai Jiao Tong, Shanghai, Chine.
[6]Université Mémorial de Terre-Neuve, St. John's (Terre-Neuve).
[7]Université de l'Alberta, Edmonton (Alberta).

LABORATOIRE DES SYSTÈMES INTELLIGENTS

Chef de laboratoire — D[r] M.M.C. Collins

Conseiller principal — M. J. Scrimgeour

■ Section d'automatique

Personnel scientifique

Burtnyk, N.
Abdelmalek, N.N.
Archibald, C.
Beaulieu, J.-M.
Bechthold, G.H.
Elgazzar, S.
Evans, K.B.
Gentleman, W.M.
Green, D.A.
Hung, S.H.Y.
MacKay, S.A.

Personnel scientifique (suite)

Merritt, C.
O'Hara, D.H.
Parr, R.
Roth, G.
Shepertycki, T.H.
Stewart, D.
Wein, M.

Personnel technique

Binch, A.T.
Colwell, M.
Duggan, M.D.
Taylor, D.G.

Chercheur invité

Umeyama, S.[1]

Travailleur invité

Kasvand, T.[2]

■ Section de recherches en informatique

Personnel scientifique

Brahan, J.W.
Davidson, P.
Famili, A.
Farley, B.
Henneker, W.H.
Lam, K.P.
Neal, G.
Orchard, R.A.
Phan, C.S.
Vernadat, F.B.
Wylie, R.H.

Personnel technique

Booth, T.A.
Born, R.V.
Duford, C.
McEwan, L.J.E.
Orpana, F.P.
Shevel, R.

Attaché de recherche

Parent, A.

Travailleurs invités

Bégin, Y.[3]
James, K.[4]

[1]Laboratoire électrotechnique, Tsukuba, Japon.
[2]Expert-conseil, Ottawa (Ontario).
[3]Institut national de la recherche scientifique, Université de Québec, Québec (Québec).
[4]DMR Group Incorporated, Ottawa (Ontario).

■ **Photonique et capteurs**

Personnel scientifique

Domey, J.
Blais, F.
Boulanger, P.B.
Chartier, P.
Chrostowski, J.
Rioux, M.

Personnel technique

Alie, F.E.
Cournoyer, L.
Dufour, A.G.
Gariépy, P.
Misner, R.

Attaché de recherche

J.A. Beraldin

Travailleurs invités

Alie, B.[1]
Beranek, B.[2]
Blaha, F.[3]
Bock, W.J.[4]
Didier, L.[2]
Fontaine, M.[4]
Fraser, A.[1]
Gauthier, R.[3]

Travailleurs invités (suite)

Harlen, N.[5]
Hill, G.[1]
Lemordant, J.[7]
Livingstone, F.[1]
Szyszkowicz, M.[8]
Thomas, M.[1]
Tulai, A.[1]

Adjoint temporaire

Chelkowski, S.[8]

■ **Robotique et automatisation**

Personnel scientifique

Barakat, M.A.
Allston, J.
Neilson, G.B.
Pizzi, N.
Rao, D.
Sawatzky, G.D.
The, H.G.
Wu, C.J.

Secrétaire

Gareau, D.

L'INSTITUT CANADIEN DE TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE

Directeur – M. S.A. Mayman

Chef des opérations – M. J.P. Reise

[1]HYMARC Engineering Limited, Ottawa (Ontario).
[2]Servo-Robot Inc., Boucherville (Québec).
[3]Canadian Marconi Company, Montréal (Québec).
[4]Université du Québec à Hull, Hull (Québec).
[5]Université Dalhousie, Halifax (Nouvelle-Écosse).
[6]Cairine Wilson Secondary School, Orléans (Ontario).
[7]Université de Grenoble, Laboratoire Artemis, St. Martin d'Héres, France.
[8]Expert-conseil, Ottawa (Ontario).